www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

12e JAARGANG No. 11, blz. 309-340 NOVEMBER 1950

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

AUTOKOPLICHTEN

door J. B. de BOER en D. VERMEULEN. 629.113.06:683.857.23

In de afgelopen jaren heeft men een instrument geconstrueerd (de „icaroscoop" van Brian O'Brien) dat gelijktijdige waarneming van de zon en de omringende hemel mogelijk maakt: het helderheidsverschil, van ongeveer een factor 10 000, wordt door een afbeelding met een niet-lineair werkende tussenschakel (fosforescerende stof) teruggebracht tot een factor 20.

Ziedaar wat een ideale oplossing zou kunnen zijn voor het welbekende probleem van het nachtelijk autoverkeer, de verblinding door een tegenligger. De oplossing gaat, helaas!, mank aan een zeer laag rendement, en iets dergelijks geldt voor andere aantrekkelijke oplossingen, zoals die met gepolariseerd licht. Men zal dus vooralsnog, roeiend met de riemen die men heeft, dwz. gebruik makend van de bestaande systemen van koplichten, met een zekere mate van verblinding bij het passeren van een tegenligger genoegen moeten nemen. Wat deze verblinding betreft en de consequenties er van voor de te bereiken zichtbaarheidsafstanden, is er sinds enkele jaren een controverse gaande tussen twee „scholen" van automobielverlichting, die zich onafhankelijk van elkaar hebben ontwikkeld, de Europese en de Amerikaanse (genoemd in volgorde van ancienniteit). Het onderhavige artikel beoogt de lezer een overzicht te geven van de belangrijkste gezichtspunten in deze materie en van het verloop van genoemde controverse.

Globale beschouwing van koplicht en koplamp

Wie in het donker wandelend zijn weg wil vinden, tracht met een zaklantaarn het pad een eindweegs voor zijn voeten te verlichten, om niet over onverwachte obstakels te struikelen. Wat we bij onze moderne verkeersmiddelen doen, komt op hetzelfde neer, alleen worden er ten gevolge van de grotere voortbewegingsnelheid hogere eisen aan de „zaklantaarn" alias koplichten gesteld. Het „eindweegs" waarop de koplantaarns voldoende licht moeten geven, dient op zijn minst gelijk te zijn aan de remweg van het voertuig, d.i. de afstand waarbinnen dit tot staan kan worden gebracht. Bij een auto die rijdt met de tegenwoordig op grote wegen gebruikelijke snelheden van 80-100 km/h bedraagt de remweg onder normale omstandigheden ca 80 m. In werkelijkheid is het gewenst nog aanzienlijk verder dan deze afstand te kunnen zien: kan men in normale gevallen zijn wagen slechts op het nippertje tot staan brengen, dan behoeft er maar een kleinigheid mis te zijn (remmen minder goed afgesteld, wegdek een weinig glad, snelheid iets boven de genoemde limiet) en er gebeuren ongelukken. Bovendien wordt de feitelijke remweg verlengd door de niet verwaarloosbare tijd die de automobilist nodig heeft om op een waargenomen obstakel te reageren. De practijk leert dan ook dat de automobilist bij het rijden overdag het meest kijkt naar het weggedeelte dat 100 à 200 m voor hem ligt.

Wil de automobilist een obstakel met zekerheid kunnen zien, ook in het geval van zeer ongunstig contrast tussen obstakel en wegdek (bijv. donker geklede voetganger op natte weg), dan is op het obstakel een verticale verlichtingsterkte nodig van minstens enkele lux, stel 5 lux. Om met twee koplantaarns deze verlichting te verkrijgen op een afstand van bijv. 100 m, moet elke lantaarn in axiale richting een lichtsterkte hebben van ongeveer 25 000 cd.

Met een gloeilamp in een parabolische reflector is dit gemakkelijk te bereiken. Is B de helderheid van het filament, O de oppervlakte van de reflector-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

opening, dan is de axiale lichtsterkte

$$I_{ax} = aOB,$$

waarin de factor $a(< 1)$ de lichtverliezen op de reflector en in de afsluitruit in rekening brengt. Met de waarden $B \approx 600$ cd/cm² (wolfraamspiraal gloeiend op 2450 °C) en $O \approx 200$ cm² (reflector van ca 16 cm doorsnede) mag a dus, vooraleer de lichtsterkte beneden het bovengenoemde minimum komt, tot ca 0,2 dalen, hetgeen wel aan een zeer krasse vervuiling of beschadiging van de optiek zou beantwoorden.

Natuurlijk is een grote axiale lichtsterkte nog niet voldoende: de autorijder moet een wegoppervlak van zekere breedte en diepte kunnen overzien, de lichtbundel moet dus een zekere, horizontale zowel als verticale, spreiding bezitten. Dit geeft enerzijds het aanzijn aan een reeks constructieve problemen wat betreft de bouw van de lamp en van de lantaarn, anderzijds is het de bron van een der fundamentele moeilijkheden van het autokoplicht: we bedoelen het tegenliggerprobleem. Immers, bij het streven naar een voldoende spreiding, exacter: naar de gewenste lichtverdeling van de bundel, is het practisch niet te vermijden dat het koplicht ook een betrekkelijk grote lichtsterkte krijgt in de richting van het oog van de bestuurder van een tegenligger. Tijdens het passeren worden dus beide bestuurders min of meer verblind. Dit euvel kan — zolang men niet wil overgaan tot zeer ingrijpende maatregelen, als bijv. een volledige scheiding der rijbanen (zie ook het slot van dit artikel) — alleen enigszins worden tegengegaan door iets van de gewenste lichtverdeling van de bundel op te offeren.

De practijk heeft zich nu, zoals bekend mag worden ondersteld, zo ontwikkeld dat men voor het passeren een afzonderlijke lichtbundel gebruikt. Bij het normale rijden, als er geen andere lichtbronnen op de weg zijn dan van de eigen auto, gebruikt men het „vol koplicht" [1]), een lichtbundel die, met de gegeven beperkingen van het vermogen enz., de best mogelijke verlichting van de weg levert; bij nadering van een tegenligger schakelt men over op het „passeerlicht" [1]), dat een compromis tussen de tegenstrijdige eisen van optimale verlichting en minimale verblinding belichaamt. Natuurlijk rekent men er op dat ook de tegenligger op zijn passeerlicht overschakelt.

Meestal worden de beide verschillende lichtbundels geproduceerd met behulp van twee afzonderlijke filamenten in één reflector. Twee uitvoeringsvormen van dit principe zullen we hieronder beschrijven, waarbij we gelegenheid zullen hebben, in het kort op de aangestipte constructieve problemen van de autokoplamp in te gaan. Uitvoeriger echter willen wij ons in dit artikel bezighouden met de lichtverdeling in de beide bundels en de daarmee te verkrijgen resultaten.

Wij bespreken eerst het vol koplicht, vervolgens het passeerlicht.

Het vol koplicht

Wettelijk vastgestelde eisen; het 10 m-scherm

Wij beginnen met de wettelijk vastgestelde eisen waaraan de lichtverdeling van het vol koplicht moet voldoen. De eisen zijn in de meeste Europese landen vrijwel dezelfde, in Amerika (en ook in Engeland) daarentegen wijken zij enigszins hiervan af. We brengen de gestelde eisen in beeld door op 10 meter afstand voor een (één!) lantaarn, loodrecht op de optische as daarvan, een scherm geplaatst te denken (*fig. 1*) en hierop de verlichtingsterkte aan te geven die de lantaarn op diverse punten moet teweegbrengen: *fig. 2*. In de figuur is tevens het perspectivische beeld van een 6 m brede weg aangegeven, zoals dat van de lantaarn uit gezien op het scherm wordt geprojecteerd.

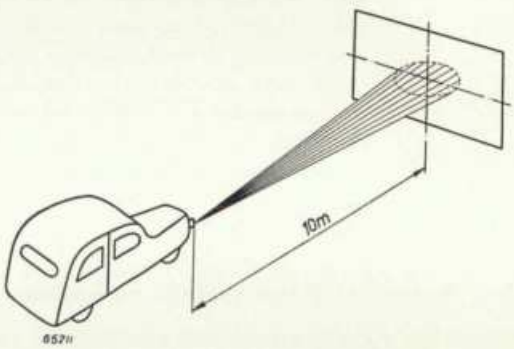


Fig. 1. Ter beschrijving van de hoedanigheid van een autokoplicht kan de verlichtingsterkte worden aangegeven in de punten van een hypothetisch scherm, geplaatst op een afstand van 10 m voor een lantaarn, loodrecht op de optische as daarvan. Het punt waarin deze optische as het scherm treft, is het nulpunt van het coördinatensysteem dat op het scherm wordt getekend (zie fig. 2, 3, 5, 7).

Men ziet uit de figuur dat de Amerikaanse wetgevers een veel uitvoeriger omschrijving van de gewenste lichtverdeling van het koplicht hebben gegeven dan hun Europese collega's, doch dat de minimumeisen voor het hart van de bundel elkaar niet veel ontlopen. Voor richtingen die blijkens het perspectivische wegbeeld behoren bij

[1]) Benaming voorgesteld door Normalisatie-commissies van België en van Nederland, ten behoeve van de International Standard Organization.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

weggedeelten bijv. op 150 m afstand, worden op het 10 m-scherm verlichtingsterkten van 100 à 200 lux verlangd — wat dus overeenkomt met ca $^1/_2$ à 1 lux per lamp op de werkelijke afstand, d.i. 1 à 2 lux voor twee lampen (vgl. de ruwe becijfering aan het begin van dit artikel). Verschil tussen de Europese en de Amerikaanse opvattingen blijkt vooral in zoverre te bestaan dat in Amerika een grotere zijdelingse spreiding van de lichtbundel

De gestippelde grenslijnen in fig. 2*a* en 2*b* geven aan, hoe de weg zich op het coördinatensysteem van het 10 m-scherm zal projecteren als de hellingshoek van de lantaarns $^1/_2°$ bedraagt. Houdt men nog in het oog dat het chassis van de auto verend opgehangen is, en dat door de bewegingen die het chassis bij het rijden op de weg uitvoert de hartlijnen van de koplichten iets op en neer zullen zwaaien, dan ziet men dat er alle

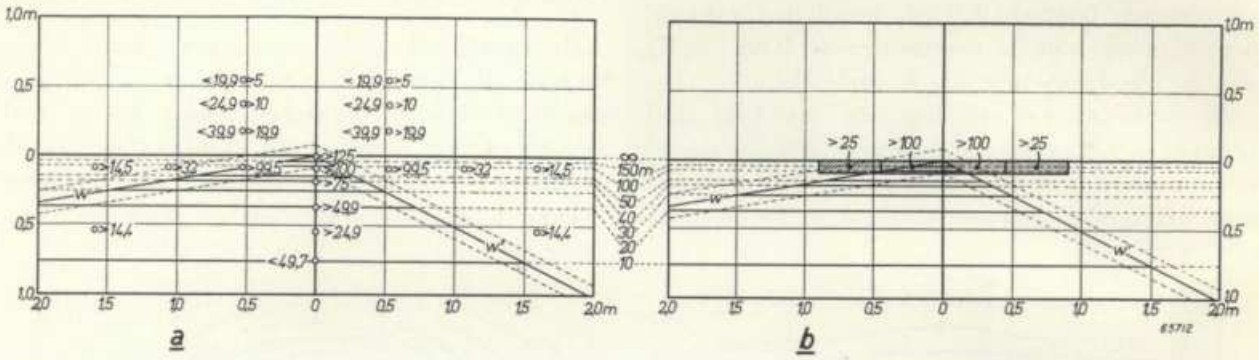


Fig. 2. Eisen aan het vol koplicht, gesteld door de wet,
a) in de Verenigde Staten van Amerika;
b) in de Europese landen (behalve Engeland).
De eisen zijn aangegeven door minimum of maximum verlichtingsterkten (in lux) in bepaalde punten (cirkeltjes met > resp. <) resp. stroken op het 10 m-scherm. De getrokken lijnen *w*, *w'* zijn het perspectivische beeld van de linker en rechter berm van de weg, waarbij ook de projectie van dwarslijnen op de weg op verschillende afstanden is aangegeven; de optische as van de lantaarn is daarbij evenwijdig aan de weg geplaatst. De gestippelde lijnen, evenwijdig aan *w*, *w'*, slaan op het geval dat de optische as van de lantaarn $^1/_2°$ voorover resp. achterover helt.

wordt geëist. Voor de practijk heeft het verschil niet veel te betekenen: ook de Europese eisen garanderen dat de autorijder, bij normale wegbreedten, de gehele breedte van zijn rijbaan kan overzien, evenals de rijbaan voor de tegenovergestelde richting en zekere stroken aan weerskanten van de weg (wat van belang is, aangezien zich daar personen of voertuigen kunnen bevinden die aanstalten maken zich op de rijbaan te begeven).

Wat de verticale spreiding betreft, is er een soortgelijk verschil. De hieraan te stellen eisen worden in eerste instantie bepaald door het feit dat de autorijder natuurlijk niet alleen de zeer ver gelegen maar eveneens dichtbij gelegen gedeelten van de weg goed moet kunnen zien, en ook objecten die op of naast de weg staan en die boven de horizon uitsteken (bomen enz.). Bovendien moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat de optische as van de koplantaarn(s), d.i. de as van de lichtbundel, niet precies de gewenste horizontale stand heeft, doch iets voor- of achterover helt. aanleiding bestaat dat de wetgever zich met de verticale spreiding bemoeit. In de Europese voorschriften is dat wellicht te weinig gebeurd, in de Amerikaanse is misschien iets over het doel heengeschoten en wordt — naar Europese gevoelens — teveel licht naar de sterren gedirigeerd.

Gerealiseerde bundelpatronen en zichtbaarheidsafstanden

Hoe dit ook zij, de Amerikaanse en de Europese eisen voor het vol koplicht zijn althans op geen enkel punt tegenstrijdig, het is dus mogelijk dat een bepaald type lantaarn aan beide voldoet. Dit is het geval met de lantaarns van het gebruikelijke Amerikaanse systeem, de zg. „sealed-beam" lampen (waarover straks meer). De Europese lantaarns zijn meer speciaal aangepast bij de Europese eisen: zij overtreffen in het algemeen aanzienlijk de hierin vastgestelde minima, maar leveren niet de in Amerika geëiste grote zijdelingse spreiding. Een en ander is te zien in *fig. 3*. Hierin is het bundelpatroon van het vol koplicht van twee

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

lantaarns getekend, dwz. de verlichtingsterkten op het reeds ingevoerde 10 m-scherm zijn door isolux-lijnen aangegeven. De ene lantaarn is een sealed-beam lamp, de andere is van Europees type en representatief voor goede hier gebruikelijke constructies. De veel scherpere bundeling van het vol koplicht van de Europese lantaarn springt in het oog. Ter completering van de vergelijking kan nog worden vermeld dat de axiale lichtsterkte van deze lantaarn, met een Philips „Duplo"-lamp (voor 6 volt) 60 000 cd bedraagt, en die van de sealed-beam lamp 30 000 cd, terwijl het vol-koplicht-filament van de eerstgenoemde lamp 35 W, van de laatstgenoemde 45 W verbruikt.

De mate waarin een lantaarn aan haar doel beantwoordt, kan het meest direct worden aangegeven door de „zichtbaarheidsafstand", d.i. de maximale afstand waarop een obstakel, onder bepaalde

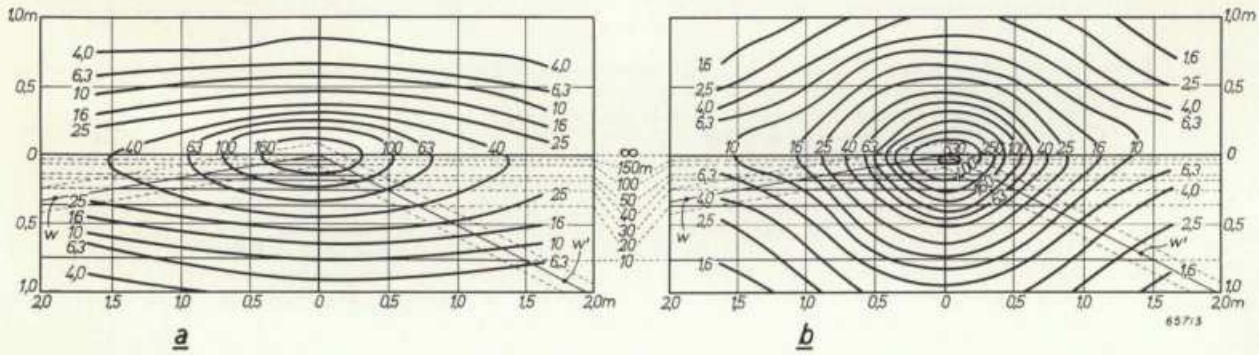


Fig. 3. Lichtverdeling van vol koplicht, aangegeven door isolux-lijnen op het 10 m-scherm (de lux-waarden gelden voor een lampspanning van 6,0 volt).
a) „Sealed-beam" lamp.
b) Lamp en lantaarn van Europees type.

condities, nog met zekerheid wordt waargenomen. „Met zekerheid" betekent hierbij: minstens in een bepaald percentage van alle gevallen, welk percentage men voor de definitie nog enigszins willekeurig kan kiezen, bijv. 70 of 90%. Aangezien men deze zichtbaarheidsafstand, in verband met de zeer speciale lichtverdeling en ten gevolge van de invloed van bijkomstige factoren, zoals het wippen van de bundel, de verdeling van de aandacht van de bestuurder enz., moeilijk kan afleiden uit fundamentele gegevens over contrastgevoeligheid, waarnemingsnelheid en dergelijke, is men aangewezen op een rechtstreekse experimentele bepaling er van, met behulp van rijproeven onder genormaliseerde, bij de practijk aangepaste omstandigheden [2]). Dit

[2]) V. J. Roper en E. A. Howard, Seeing with motor car headlamps, Ill. Eng. **33**, 417, 1938; V. J. Roper en K. D. Scott, Silhouette seeing with motor car headlamps, Ill. Eng. **34**, 1073, 1939; H. H. Magdsick, Some factors governing visibility distance with motor car headlights, Annexe to Report Nr. 23b, C.I.E. 1939.

geldt in nog hogere mate voor de passeerlichten, bij welker bespreking we dan ook nog uitvoeriger op de rijproeven zullen ingaan. Voor de vol koplichten volstaan wij met de vermelding dat voor de twee typen van fig. 3 bij zulke rijproeven zichtbaarheidsafstanden werden gevonden van 80 m (sealed-beam) en 100 m (Europese lantaarn). Deze waarden werden bepaald door een groot aantal proeven met verscheidene waarnemers en verscheidene exemplaren van de twee typen lantaarns.

Problemen van de constructie van lamp en lantaarn

Hoe worden de in fig. 3 aangegeven bundels verkregen? Het zou ons hier veel te ver voeren dit in bijzonderheden te bespreken, maar het is toch dienstig in dit verband de hoofdpunten van de constructie van lamp en lantaarn aan te raken.

Typisch en belangrijk voor de constructie van autolampen — van welk type ook — is de lage bedrijfspanning waarvan men uitgaat, nl. meestal 6 of 12 volt, in enkele gevallen 24 volt. Dit hangt samen met de voedingsbron (dynamo met parallelgeschakelde accu), maar het is ook de aangewezen keuze, als men ziet naar de eisen die aan de lampen worden gesteld. Men wenst een bepaalde minimum lichtsterkte van de bundel binnen een bepaalde, door de vereiste spreiding gegeven ruimtehoek. Dit betekent dat een bepaalde lichtstroom nodig is, en om deze met een niet al te groot electrisch vermogen te kunnen produceren (meer dan enige tientallen watt aan elke lamp te spenderen, vindt men met recht bezwaarlijk), moet men een lamptype met grote specifieke lichtopbrengst (lumen/watt) gebruiken. Een lage spanning is dan gunstig, daar men hierbij tot een korte en dikke gloeidraad komt, die voor eenzelfde levensduur op hogere temperatuur mag gloeien dan een lange dunne draad. Bovendien levert de (gespiraliseerde) korte, dikke draad een

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

compacter filament op — zowel van nature (minder spiraalwindingen) als nog speciaal door het feit dat men bij lage spanning minder sterk beperkt wordt door het gevaar van doorslag van het gas waarmee de ballon is gevuld. Dank zij deze compactheid kan men reeds met reflectoren van matige afmetingen een vrij scherp begrensde lichtbundel verkrijgen, men vermijdt dus dat er van de beschikbare lichtstroom een groot gedeelte buiten de vereiste ruimtehoek zou worden vermorst [3]).

De korte, stevige spiraal die aan de lage spanning beantwoordt, is eveneens gunstig om de lamp voldoende bestand te kunnen maken tegen de sterke schokken en trillingen waaraan zij bij het rijden op slechte wegen of met slecht geveerde wagens wordt blootgesteld. Tussen haakjes kunnen we hier aantekenen dat juist de combinatie van schokken en trillen bijzonder funest is en de constructeurs voor een moeilijk probleem heeft gesteld. In *fig. 4*, waarin een Philips autokoplamp is afgebeeld (van een type met slechts één filament) ziet men de vorm van het filament en het dragende „stel", waarmee de nodige sterkte is verkregen. Deze lamp levert een totale lichtstroom van 640 lumen, bij een verbruik van 35 watt.

De lamp, zoals in fig. 4 afgebeeld, wordt geplaatst in een lantaarn die een parabolische reflector bevat, zodanig dat het filament in het brandpunt komt te staan. Ribbels op de ballon van de lamp, op de afsluitruit van de lantaarn of op het reflectoroppervlak zelf — er bestaan tal van fabrikaten, die optisch niet essentieel verschillen — zorgen tezamen met de geschikt gekozen vorm, uitgebreidheid en plaatsing van het filament voor de juiste lichtverdeling in de uitgezonden bundel. De stevige constructie van het filament waarborgt dat dit tijdens het rijden, ook bij lampen die al geruime tijd gebruikt zijn, voldoende nauwkeurig op zijn plaats blijft.

Natuurlijk is het van groot belang dat bij het inzetten van een nieuwe lamp het filament hiervan wederom precies op de goede plaats komt. Hiervoor wordt een zg. praefocussering toegepast: aan het filament wordt bij de fabricage, met behulp van een speciale justeerinrichting [4]), een zeer nauwkeurig bepaalde stand gegeven ten opzichte van een paar nokken, aanslagpunten of dergelijke, die op de lampvoet zijn aangebracht. Deze nokken leggen op hun beurt de stand van de lampvoet in de houder, dus ook de stand van het filament in de reflector met een zeer geringe tolerantie vast. Er bestaan talloze varianten op dit principe (zie bijv. fig. 9).

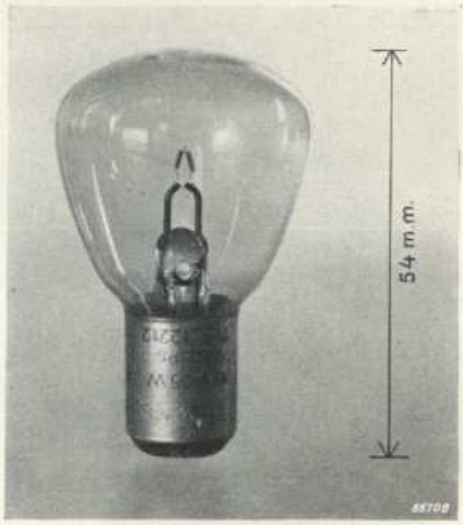


Fig. 4. Philips-autokoplamp met één filament, type No. 12212.

Bij de praefocussering aanknopend, willen wij nog even ingaan op de constructie van de reeds vermelde sealed-beam lampen (zie hieronder, fig. 8). Als men toch al gaat praefocusseren, ligt de gedachte voor de hand de tussenschakel van de nokken enz. weg te laten en de reflector met de lamp tot een geheel te verenigen. Het lampje wordt hiertoe in de fabriek met behulp van een justeer-inrichting in de reflector vastgekit of vastgesoldeerd. Is de lamp uitgebrand, dan worden reflector en lamp tezamen door een nieuwe eenheid vervangen (zg. metal package sealed-beam). Nog een stap verder is men gegaan met de geheel glazen sealed-beam lamp: hierbij wordt het filament rechtstreeks in een, vacuumdicht gesloten, reflector gemonteerd. Een voordeel van deze beide constructies is, dat zij een afdoende oplossing geven van het probleem hoe stof en vuil uit het inwendige van de lantaarn te weren.

Overigens is het typische verschil in lichtverdeling, tussen Amerikaanse en Europese koplichten, in het geheel niet gecorreleerd met de hier beschreven constructieverschillen. Een lamp in sealed-beam constructie zou in beginsel kunnen worden gemaakt met een Europees bundelpatroon, en vice versa.

[3]) Verder maakt de lage spanning het mogelijk, voor de vulling van de ballon vrijwel zuiver argon te gebruiken (dus zonder de bij normale verlichtingslampen noodzakelijke, de doorslagspanning van het gas verhogende toevoeging van stikstof), hetgeen de toelaatbare temperatuur nog hoger en daarmee de specifieke lichtopbrengst nog groter doet worden. Hiervan wordt bij de 6 V-lampen gebruik gemaakt.

[4]) Zie ook: Th. J. J. A. Manders, Gloeilampen voor filmprojectie, Philips techn. T. **8**, 72, 1946.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het passeerlicht

Wettelijke eisen en gerealiseerde bundelpatronen

Ter behandeling van het passeerlicht gaan we gemakshalve weer uit van de wettelijk vastgestelde eisen waaraan de lichtverdeling moet voldoen. In *fig. 5a* en *b* zijn deze op het 10 m-scherm aangegeven. Behalve het perspectivische beeld van de weg is in deze figuur ook de projectie *p* getekend van de lijn waarlangs zich het oog van de bestuurder van een tegenligger, in een situatie volgens *fig. 6*, bij het passeren beweegt (de gestippelde lijnen gelden wederom voor het geval dat de lantaarn $^1/_2{}^\circ$ voorover of achterover helt). Men zou dus uit de figuur moeten kunnen afleiden, welke verblindende verlichtingsterkte op het oog van de tegenligger (en dus ook op het eigen oog!) in diverse situaties door de wet wordt getolereerd. Merkwaardig genoeg blijkt, dat zowel Amerikaanse als Europese wetgevers zich juist over dit punt (of eigenlijk over deze lijn) niet uitlaten. Men kan uit een vergelijking van de figuren 5*a* en 5*b* slechts opmaken dat de Europese lantaarns in richtingen die de horizontaal naderen aan veel lagere maxima worden gebonden dan de Amerikaanse. Verder zien wij, dat de Amerikaanse wetgever eist dat het passeerlicht op korte afstand (ca 40 m) meer licht op het rechter dan op het linker weggedeelte werpt, en dit met een veel hoger minimum voor de rechter weghelft dan het in Europa (voor rechts zowel als links) geëiste. Voor de weggedeelten op afstanden van 50 tot 100 m, die voor het waarnemen met het passeerlicht veel belangrijker zijn dan die op afstanden beneden 50 m, wordt in Amerika noch in Europa enigerlei minimumverlichtingsterkte voorgeschreven — weer een opvallende lacune.

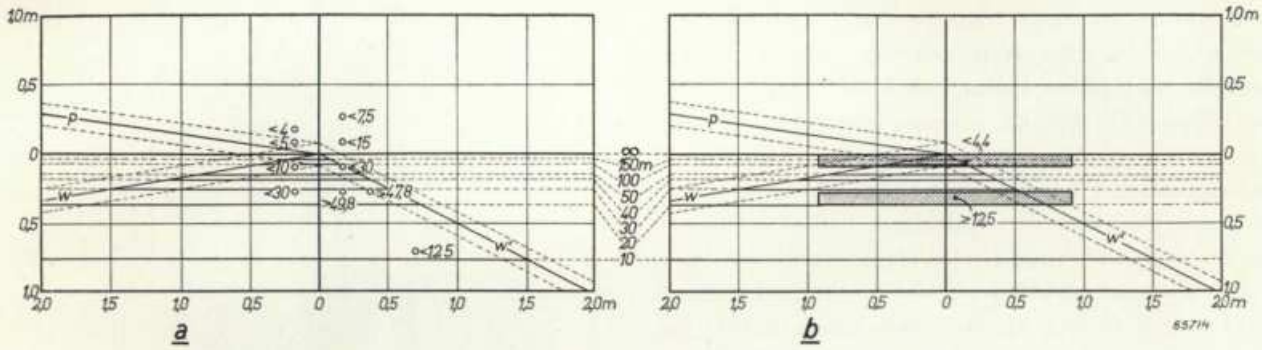


Fig. 5. Wettelijk vastgelegde eisen, gesteld aan het passeerlicht,
a) in de Verenigde Staten van Amerika,
b) in de Europese landen (behalve Engeland).
Behalve het perspectivische beeld van de weg (lijnen *w* en *w'*) is ook de projectie *p* van de lijn getekend waarop zich het oog van een tegenligger beweegt, indien beide auto's midden op hun rijbaan rijden, op een 6 m brede weg (zie fig. 6). De gestippelde lijnen evenwijdig aan *p* slaan op het geval dat de koplantaarn $^1/_2{}^\circ$ voorover resp. achterover helt.

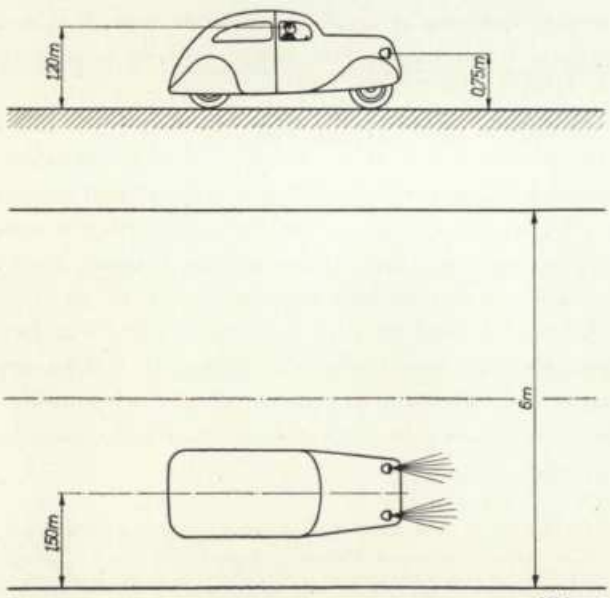


Fig. 6. Situatie van tegenligger wiens oog zich beweegt op een lijn, die uit de lantaarn wordt geprojecteerd in lijn *p* op het 10 m-scherm van fig. 5.

De genoemde verschillen tussen Amerikaanse en Europese voorschriften vinden we zeer duidelijk uitgesproken terug in de werkelijk gerealiseerde bundelpatronen van het passeerlicht van Amerikaanse en Europese lantaarns, zie *fig. 7*. We zien dat de Europese lantaarn een scherpe afsnijding van de lichtbundel, iets beneden de horizon, geeft. Bij de Amerikaanse lantaarn zien we de asymmetrie van het passeerlicht, en een betrekkelijk geleidelijke daling in de buurt van de horizon. Het gevolg van de laatste eigenschap is een aanzienlijk sterkere verblinding van de tegenligger dan in het geval van de Europese lantaarn.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De asymmetrie van het Amerikaanse passeerlicht heeft het voor de hand liggende nadeel dat men bij het maken van een bocht naar links zeer veel licht naast de weg werpt. Waarom dan de asymmetrie voorgeschreven? Een motivering is te vinden in de opmerking dat het optreden van een tegenligger behalve een slechte ook een goede kant heeft: voor het verlichten van het weggedeelte tussen de beide auto's staan bij het naderen twee paar koplantaarns ter beschikking. Het ligt dan voor de hand dat elke auto speciaal de verlichting van de eigen rijbaan voor zijn rekening kan nemen en deze relatief sterk verlichten, sterker dan volgens het Europese systeem, en de verlichting van de andere rijbaan in hoofdzaak aan de tegenligger kan overlaten. Ongelukkigerwijze heeft men echter vraag, of en in hoeverre er toch nog van een resterend voordeel (of nadeel) sprake kan zijn, is het kernpunt van een discussie geworden waarop wij dadelijk zullen ingaan. Het verschil van de twee systemen moge hier alleen nog even worden geïllustreerd door *tabel I*. Hierin zijn de, in fig. 7 niet voldoende nauwkeurig afleesbare, verlichtingsterkten aangegeven die de Amerikaanse resp. de Europese lantaarns op diverse afstanden teweeg brengen a) op de weg (midden van eigen rijbaan), b) op het oog van een tegenligger. Voor een afstand van 100 m blijken de verblinding en de verlichting door het Amerikaanse passeerlicht ongeveer eenzelfde factor sterker dan bij het Europese (als men de verblindende werking evenredig met de verlichtingsterkte op het oog mag stellen); voor een afstand van 50 m

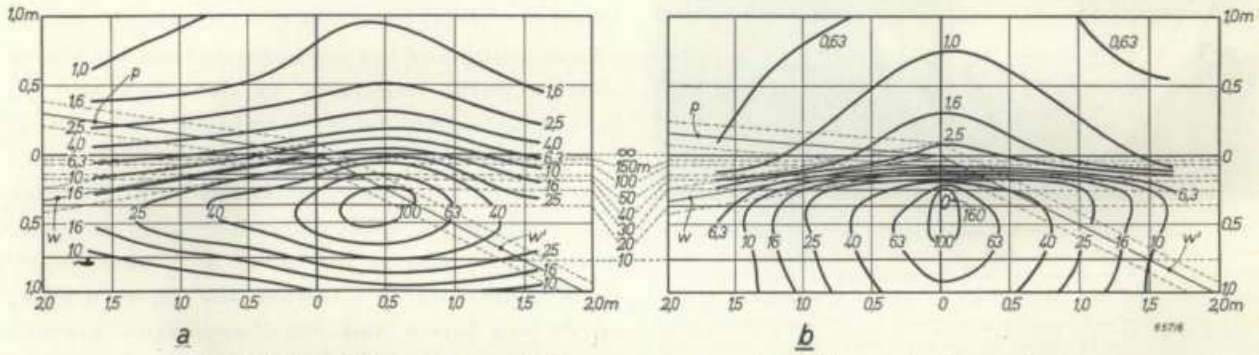


Fig. 7. Lichtverdeling van passeerlicht, aangegeven door isolux-lijnen op het 10 m-scherm (lampspanning 6,0 volt).
a) Sealed-beam lamp.
b) Lamp en lantaarn van Europees type.

bij het verwezenlijken van deze gedachte niet kunnen vermijden dat er zoveel licht wordt „vermorst" dat de in verhouding sterkere verblinding het voordeel van de gunstiger verlichting van de weg te niet doet — althans zeker grotendeels. De echter is de verblinding 3×, de verlichting slechts 1,3× zo sterk als bij het Europese passeerlicht.

Tabel I. Verlichtingsterkten in lux, verkregen met een Amerikaans resp. een Europees passeerlicht (twee lampen), bij verschillende tegenliggerafstanden.

Afstand van tegenligger in meters	Amerikaans systeem		Europees systeem	
	op verticaal object midden op eigen rijbaan naast tegenligger	op oog van bestuurder van tegenligger	op verticaal object midden op eigen rijbaan naast tegenligger	op oog van bestuurder van tegenligger
200	—	0,04	—	0,014
150	0,18	—	0,04	—
100	0,6	0,12	0,16	0,04
50	4	0,3	3	0,1
30	—	0,6	—	0,2

Constructieve bijzonderheden

Hoe de beide zo sterk verschillende typen passeerlichten worden verkregen, kan heel globaal aan de hand van de *fig. 8* en *9* worden toegelicht. In de sealed-beam lampen (fig. 8) is voor het passeerlicht een afzonderlijk filament iets boven de as van de parabolische reflector geplaatst, en wel niet recht boven het filament van het vol koplicht doch een weinig naar links verschoven (gerekend van het standpunt van de bestuurder). Het resultaat is de meer naar beneden en meer naar rechts gerichte bundel. In fig. 9 is als tegenhanger de Philips „Duplo"-lamp type No. 6725 afgebeeld, waarmee het bundelpatroon fig. 7*b* werd gerealiseerd. Het filament voor het passeerlicht bestaat hier uit een recht spiraaltje, dat vrijwel in de as van de parabolische reflector doch een stuk meer naar buiten dan het filament voor het vol koplicht is gelegen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

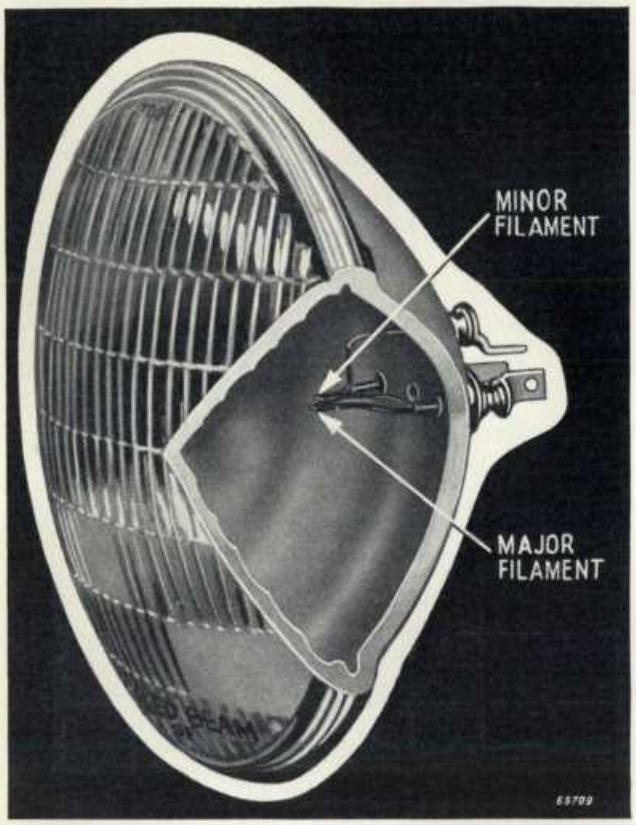


Fig. 8. Geheel glazen sealed-beam lamp, met twee filamenten (General Electric Co.). Het filament voor het passeerlicht staat boven dat voor het vol koplicht en is zijdelings verschoven, zodat het licht door de reflector voornamelijk op de rechter weghelft wordt geworpen. — De lamp heeft geen afzonderlijke, aangekitte lampvoet, doch wordt met drie aan het glas gesmolten pennen in een houder gezet. De in parabolische vorm geperste bodem van de ballon is aan de binnenzijde van een spiegelend laagje voorzien. (Ontleend aan H. H. Magdsick, Ill. Eng. **35**, 537, 1940.)

Bovendien is dit spiraaltje in een kleine, lepelvormige afscheirmkap geplaatst. Deze opstelling bewerkstelligt de geïllustreerde scherpe afsnijding van de lichtbundel. Tevens kaatst de kap het afgeschermde licht terug, zodat dit nog gedeeltelijk nuttig wordt gebruikt. Bij deze constructie moge nog speciaal worden gewezen op de geïsoleerde beugel, die het uiteinde van het, door een extra steunstaaf gedragen, afschermkapje verbindt met een der polen, waardoor het samenstel ook in dit geval de nodige mechanische stevigheid krijgt.

Confrontatie van Amerikaans en Europees systeem

De vraag ligt voor de hand, of van twee zo sterk uiteenlopende soorten passeerlichten zowel het ene als het andere bevredigende resultaten kan geven. Deze vraag moet bevestigend worden beantwoord — althans voor zover het betreft landen waarin uitsluitend het ene of uitsluitend het andere systeem wordt toegepast. Nu deed zich kort na de tweede wereldoorlog de situatie voor dat in Europa, dat toen nog een schreeuwend tekort aan auto's had, vele Amerikaanse auto's werden ingevoerd, die — zoals sedert 1939/1940 met alle Amerikaanse wagens het geval is — met sealed-beam lampen waren uitgerust. Bij een ontmoeting op de weg tussen zulk een Amerikaanse auto en een Europese, die de in dit werelddeel gebruikelijke koplichten had, kwam de bestuurder van de laatstgenoemde auto in het nadeel te verkeren: hij werd

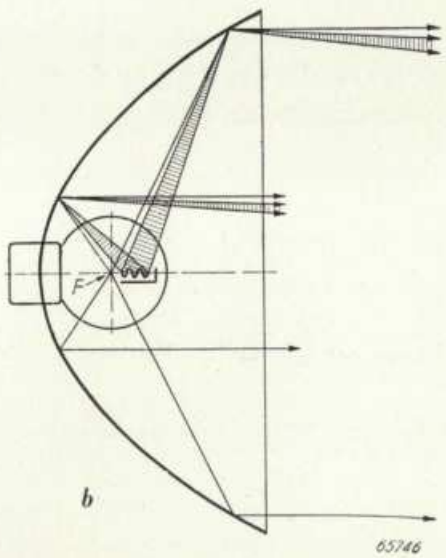


Fig. 9. *a*) Philips „Duplo"-lamp, type No. 6725. Op de lampvoet ziet men twee van de drie nokken die bij deze lamp voor de focussering dienen: zij zorgen dat de as van de lamp samenvalt met de as van de reflector, het filament is „gepraefocusseerd" ten opzichte van de nokken. Het filament voor het passeerlicht staat in een lepelvormig afschermkapje, vrijwel in de as van de parabolische reflector waarin de lamp wordt geplaatst, doch meer naar buiten dan het filament *F* voor het vol koplicht (*b*). Door deze opstelling ontstaat een relatief scherpe afsnijding van de bundel van het passeerlicht juist beneden de horizontaal (fig. 7*b*): het afschermkapje zorgt dat geen stralen op de onderhelft van de reflector vallen, die in enigszins opwaartse richting zouden worden gereflecteerd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

door de Amerikaan sterk verblind, terwijl de Amerikaan aanzienlijk minder van verblinding te lijden kreeg en bovendien zijn rijbaan relatief sterker verlichtte. Het verschil springt in het oog als men nog eens tabel I bekijkt: voor de Amerikaan golden bij het passeren de twee buitenste, voor de Europeaan de twee binnenste kolommen. De verhouding tussen de verlichtingsterkte op de weg naast de vreemde auto en die op het eigen oog was, op 100 m onderlinge afstand, voor de Amerikaan 15, voor de Europeaan 1,3!

Nu de twee „scholen" van automobielverlichting aldus waren geconfronteerd, was het onvermijdelijk dat discussies ontstonden over de vraag, welk van de twee systemen „het beste" was en welk van de twee dus zou moeten wijken voor het andere, om de bovengeschetste benadeling van de Europeaan te vermijden. De zittingen over automobielverlichting op het congres van de Commission Internationale de l'Eclairage te Parijs in 1948 hebben voor een deel in het teken van deze discussies gestaan. We willen hier slechts heel in het kort het uitgangspunt en het verdere verloop van de, tot op heden nog niet tot oplossing gebrachte, controverse schetsen.

Bepaling der zichtbaarheidsafstanden

Een onpartijdige vergelijking van de twee soorten passeerlichten zal gebaseerd moeten zijn op proefondervindelijk vastgestelde zichtbaarheidsafstanden, zoals we die hierboven al hebben geïntroduceerd. Vergeleken met het vol koplicht zijn echter de te nemen experimenten hier veel ingewikkelder. Immers, tijdens het passeren verandert de zichtbaarheidsafstand, doordat de verblinding door de tegenligger bij het naderen geleidelijk toeneemt om dan, nà het passeren, vrij snel te verdwijnen (niet abrupt, daar het oog enige tijd nodig heeft om zich te herstellen).

Reeds in 1938 hebben Magdsick, Roper e.a. zulke experimenten uitgevoerd (zie de in [2]) aangehaalde artikelen), zowel voor het reeds sinds ca 1930 gevestigde Europese als voor het, in 1938 nog in ontwikkeling zijnde, Amerikaanse systeem. Als objecten die moesten worden opgemerkt, gebruikte Roper levensgrote poppen, geplaatst op de rechterhelft [5]) van de rijbaan (50 cm van de berm, op een meestal 6 m brede weg). Hoewel deze proeven zeer leerrijke resultaten hebben opgeleverd, menen wij toch dat het uitgangspunt minder juist gekozen was. Bij poppen van levensgrootte is er een goede kans het bovenstuk van de pop al op grote afstand te ontwaren, dank zij het verschijnsel van de silhouetwerking, waarop Roper het eerst nadruk heeft gelegd en dat in *fig. 10* is te zien. Doordat het onderstuk van de pop echter niet te onderscheiden is, kan de autorijder niet zien op welke afstand het object zich bevindt — wat essentieel nodig is te

Fig. 10. Een hoog object aan de rechter kant van de rijbaan kan tijdens het passeren soms reeds op zeer grote afstand worden waargenomen doordat het zich als silhouet aftekent tegen de lichtvlek die de tegenligger op de weg werpt. (Ontleend aan V. J. Roper, Ill. Eng. **34**, 1073, 1939.)

weten, ten einde de juiste manoeuvre (uitwijken dan wel remmen) te kunnen uitvoeren —, en bovendien zou een laag obstakel op de weg, op dezelfde plaats als de pop, in deze faze van het passeren stellig niet worden opgemerkt, Daar komt nog bij dat objecten aan de rechterzijde van de rijbaan niet het moeilijkst zijn waar te nemen: bij objecten aan de linkerzijde van de rijbaan doet zich de nadelige invloed van de verblinding veel sterker gevoelen.

Deze critiek op Roper's uitgangspunt hebben wij kunnen staven door een reeks waarnemingsproeven, gedaan met een stationnaire opstelling [6]). Hierbij werden als objecten gebruikt een reeks van 8 verplaatsbare kolommen, op gelijke afstanden verdeeld over de breedte van de gehele weg (in ons geval 16 m). Gevarieerd werd ten eerste de afstand van de tegenligger, ten tweede — voor elke tegenliggerafstand — de afstand der kolommenrij, ten derde de hoogte van de kolommen. Deze kon 22, 44, 88 of 176 cm bedragen. De metingen werden uitgevoerd door een aantal waarnemers die de mate van zichtbaarheid moesten opgeven met een waarderingschaal van 5 trappen, beginnend met „on-

[5]) In het werk van Roper enz. is, evenals in dit artikel (fig. 2 e.a.), steeds ondersteld dat rechts wordt gereden, zoals in de meeste landen van de wereld het geval is.

[6]) Over deze proeven werd aan het Parijse C.I.E. congres verslag uitgebracht: J. B. de Boer en D. Vermeulen, About measuring the visibility with motorcar headlighting, Congres C.I.E. te Parijs 1948, Appl. sci. Res. **B 2**, No. 1, ter perse. Vgl. ook: J. B. de Boer, Amerikaanse en Europese opvattingen over automobielverlichting op het Congres van de C.I.E. 1948 te Parijs, Electrotechniek **28**, 145-155, 1950 (13 April).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

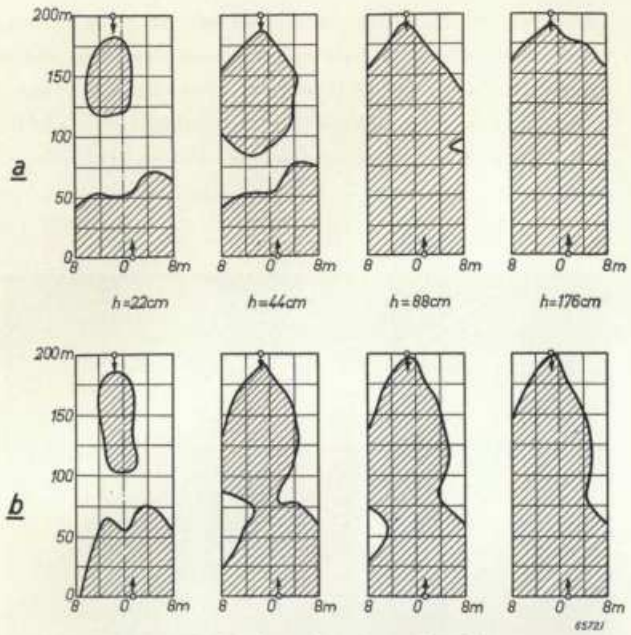


Fig. 11. Zichtbaarheidsafstanden, gevonden bij proeven met stationnaire auto's, als tegenliggers geplaatst op een 16 m brede weg, op 200 m onderlinge afstand. De pijltjes geven de plaats en stralingsrichting van de koplichten aan. De proeven werden genomen met objecten van vier verschillende hoogten h, met het passeerlicht van Amerikaanse (*a*) en van Europese lantaarns (*b*), met een lichtverdeling volgens de figuren 7*a* resp. 7*b*. De lijnen verbinden die punten op de weg waar een object een zichtbaarheidsgraad „$1^1/_2$" verkreeg. De gebruikte schaal van zichtbaarheidsgraden was: 0 = onzichtbaar, 1 = zichtbaarheid twijfelachtig, 2 = met moeite zichtbaar, 3 = goed zichtbaar, 4 = opvallend zichtbaar. In de gearceerde gebieden is er dus sprake van een op zijn minst nog juist voldoende zichtbaarheid.

zichtbaar", tot „opvallend zichtbaar". Verbinden we, bij een vaste plaats van de tegenligger, alle punten op de weg waarvoor eenzelfde zichtbaarheidsgraad werd gevonden door een lijn, dan krijgen we een plattegrond die, voor verschillende systemen van koplichten opgetekend, een onderlinge vergelijking van hun kwaliteit veroorlooft. In *fig. 11* is uit het omvangrijke waarnemingsmateriaal een stel plattegronden als voorbeeld gegeven, voor een tegenliggerafstand van 200 m. Men ziet hieruit zeer duidelijk dat in dit geval de resultaten van het Europese passeerlicht bij objecthoogten van 22 en 44 cm iets beter kunnen worden genoemd dan die van het Amerikaanse passeerlicht, terwijl een heel duidelijk verschil tussen de twee systemen, en wel ten gunste van het Amerikaanse, alleen te vinden is bij hoge objecten geheel rechts van de weg — precies het geval dat door Roper c.s. werd beschouwd!

Baseert men zich, zoals ons wenselijk voorkomt, op een geringe objecthoogte, dan vindt men in de stationnaire proeven, ook voor andere tegenliggerafstanden, vrijwel gelijke zichtbaarheidsafstanden voor het Amerikaanse en het Europese passeerlicht, met een gering voordeel voor het laatste, zoals door *fig. 12* wordt geïllustreerd.

Terwijl de stationnaire proeven naar onze mening zeer geschikt zijn voor een vergelijkend onderzoek en hiervoor ook door de C.I.E. zijn toegepast, werd het door de C.I.E. voor een absolute bepaling van de zichtbaarheidsafstanden gewenst geacht, bovendien nog proeven met rijdende auto's te nemen, evenals Roper had gedaan, doch nu met tegemoetkoming aan de door ons naar voren gebrachte bezwaren. Uiteraard is de organisatie van zulke proeven en de uitvoering van de metingen heel wat moeilijker dan die van stationnaire proeven, vooral waar het er hier om ging resultaten te verkrijgen die internationaal zouden worden erkend. De C.I.E. gaf opdracht tot het doen van de rijproeven aan de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde: de proeven zijn in October 1949 op de autoracebaan te Zandvoort uitgevoerd, volgens richtlijnen verstrekt door de commissie voor automobielverlichting van de C.I.E.

Helaas hebben de proeven te Zandvoort geen waardevolle resultaten opgeleverd, doordat de Franse koplantaarns en lampen, die voor het Europese passeerlicht werden gebruikt, blijkens de metingen van de bundelpatronen geenszins als representatief voor de Europese lantaarns en lampen mochten worden beschouwd. Daarom zullen wij hier geen resultaten weergeven van deze proeven, doch van rijproeven die reeds een half jaar eerder door het Lichttechnisch Laboratorium van Philips werden genomen, vrijwel geheel overeenkomstig de methodiek die hierna door de C.I.E. voor de proeven te Zandvoort werd vastgesteld. In het bijzonder hield dit in,

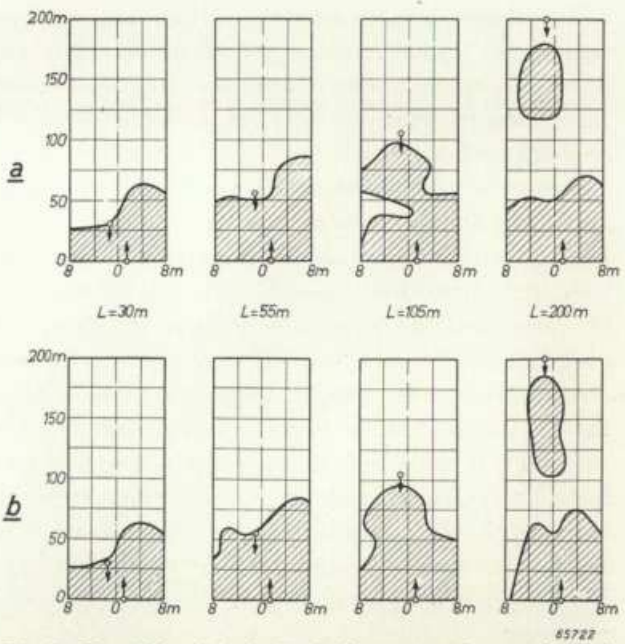


Fig. 12. Hetzelfde als in fig. 11, doch nu voor vier verschillende tegenliggerafstanden L; alle proeven genomen met objecthoogte h = 22 cm.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dat alle omstandigheden zorgvuldig moesten worden vastgelegd. Zo werden de reflectie-eigenschappen van het wegdek in het gebruikte stuk van de weg onderzocht, de kleine oneffenheden in het lengteprofiel van de weg werden gemeten, de justering van de lantaarns op de twee gebruikte auto's werd met een speciale opstelling nauwkeurig gecontroleerd, de bundelpatronen van alle gebruikte combinaties van lantaarns en lampen werden bepaald, de voedingsspanning van de lampen werd zeer goed constant gehouden met behulp van geijkte voltmeters, de eigenschappen van de ogen der waarnemers werden getoetst in een oogkliniek, enz.

In een aanhangsel van dit artikel zullen de meetprocedure voor de rijproeven, en de wijze waarop de meetresultaten werden geanalyseerd, nader worden besproken. Wat het laatste betreft, willen wij er hier slechts op wijzen dat de voor de zichtbaarheidsafstand gevonden waarden begrijpelijkerwijze een sterke spreiding vertonen. Het is een van de belangrijkste problemen bij dit onderzoek, hoe uit de ruw ombolsterde vrucht van sterk gespreide meetresultaten een kern van reële verschillen (voorzover aanwezig!) te voorschijn te brengen [7]).

De door ons gedane metingen verschilden van de internationale proeven alleen in zoverre dat wij ons beperkten tot lage objecten (tot een hoogte van 22 cm), terwijl te Zandvoort hoge en lage objecten (1,50 m resp. 40 cm) werden gebruikt. Wij voerden de metingen uit op een tweetal wegdekken, nl. op een vrij hobbelige weg bij het vliegveld Welschap en op een zeer gladde betonweg bij Meteren. De resultaten voor de beide wegdekken vertoonden geen systematisch verschil, ze konden dan ook gemeenschappelijk worden verwerkt. Dit is gedaan in de grafieken van *fig. 13* en *14*. Deze geven, respectievelijk voor objecten geplaatst op de rechter berm en midden op de weg, de gevonden zichtbaarheidsafstand V als functie van de afstand L tussen de beide auto's, a) voor het Amerikaanse, b) voor het Europese passeerlicht. Negatieve waarden van L beantwoorden aan de situatie dat de beide auto's elkaar reeds zijn gepasseerd. Men ziet hoe het oog zich dan min of meer geleidelijk van de verblinding herstelt. Dit herstel begint zelfs reeds eerder, nl. als de auto's elkaar tot op 50 à 100 m genaderd zijn: de verblindende koplichten van de tegenligger zijn dan al een stuk naar de periferie van het gezichtsveld verschoven, waar de verblindende werking kleiner is. Voor het geval dat het object rechts op de rijbaan staat (fig. 13) merkt men een geringe superioriteit van het Amerikaanse passeerlicht

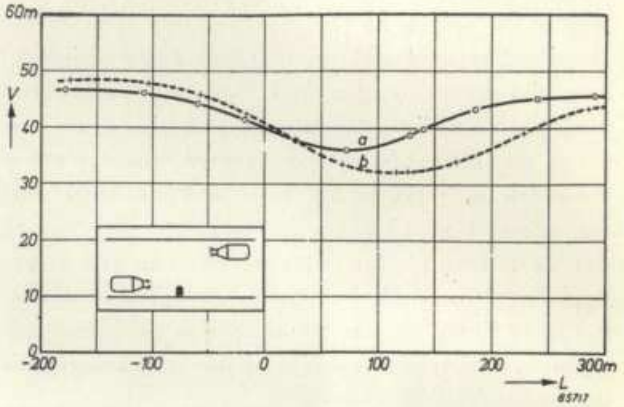


Fig. 13. Zichtbaarheidsafstand V (gedefinieerd door: waarneming in 50% van alle gevallen), gemeten in proeven met rijdende auto's, op het vliegveld Welschap en op een rijksweg te Meteren, voor het passeerlicht van Amerikaanse (*a*) en Europese lantaarns (*b*), met een lichtverdeling volgens de figuren 7*a* resp. 7*b*. V is uitgezet als functie van de tegenliggerafstand L. De krommen gelden voor een object van 22 cm hoogte dat rechts op de rijbaan was geplaatst.

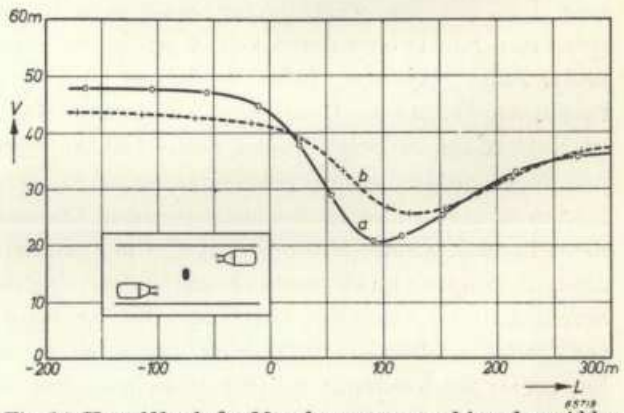


Fig. 14. Hetzelfde als fig. 13, echter voor een object dat midden op de weg was geplaatst.

boven het Europese op; voor een object midden op de weg (fig. 14) blijkt juist in de meest critieke faze van het passeren het Europese passeerlicht iets beter. De krommen in fig. 13 en 14 zijn gebaseerd op metingen van zes waarnemers, met normale ogen, en in iedere kromme zijn 70 à 80 meetpunten verwerkt.

Hoewel wij voor ons, op grond van deze proeven, menen het Europese systeem stellig niet als het mindere van het Amerikaanse te moeten beschouwen, is de controverse tussen de twee scholen van autoverlichting, ten gevolge van het mislukken van de Zandvoortse proeven, nog niet afgesloten. Wij zullen de verdere ontwikkeling (er wordt aan een herhaling van de rijproeven gedacht) moeten

[7]) De meetprocedure, de contrôle-metingen en de analysemethode zijn, tezamen met de uitkomsten van de Zandvoortse rijproeven, beschreven in een uitvoerig rapport, dat door de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde werd ingediend bij het Congres van de Commissie voor Automobielverlichting van de C.I.E. te Turijn in 1950.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

afwachten, maar de krommen in fig. 13 en 14 geven ons gelegenheid tot slot nog een algemene opmerking te maken.

Andere oplossingen van het tegenliggerprobleem

Als we speciaal op het minimum van de krommen in de figuren 13 en 14 letten, dan zien we dat de zichtbaarheidsafstanden (voor lage objecten) daar niet groter zijn dan 20 à 35 m. Dit betekent dat men pas voorbij de tegenligger kan kijken als deze tot op zeer korte afstand (veel korter dan de remweg) genaderd is. (Ook in fig. 12 is zeer duidelijk zulk een effect te zien.) Dit is het bekende verschijnsel, dat de autorijder bij het passeren van een tegenligger een ogenblik het gevoel krijgt een donker gat in te rijden en dan maar op zijn goed gesternte te moeten vertrouwen dat er op dat critieke ogenblik geen obstakel zal opdoemen.

De autorijdende wereld is aan deze lacune in de veiligheidsvoorzorgen gewend geraakt, en zolang de situatie van het passeren zich niet al te vaak voordoet en men er van afziet elkaar met topsnelheid te passeren, is er wellicht geen reden tot al te grote ontevredenheid. Anders wordt dit op zeer druk bereden wegtrajecten, waar men in de spitsuren haast ononderbroken tegenliggers ontmoet. Zulke trajecten vinden we in ons land bijv. tussen Amsterdam en Haarlem, of tussen Den Haag en Rotterdam, in België tussen Brussel en Antwerpen. Men zou dan vrijwel permanent op de passeerlichten moeten rijden en het zou onvermijdelijk zijn de snelheid te minderen tot 60 km/h of nog minder, aldus de lengte van de remweg aanpassend bij de beschikbare zichtbaarheidsafstand. Om de noodzaak van snelheidsvermindering te ontgaan, is het meest doeltreffende middel zulke trajecten te voorzien van een wegverlichting met natriumlampen. De auto's schakelen dan hun koplichten uit en rijden alleen op de „stadslichten".

Enkele andere interessante, en meer algemene, mogelijkheden om het tegenliggerprobleem op te lossen willen we hier niet onvermeld laten. In de eerste plaats het, reeds in de practijk beproefde, gebruik van lineair of circulair gepolariseerd licht. Wordt het licht van de koplantaarns van alle auto's bijv. rechtsdraaiend circulair gepolariseerd, door een voorgeplaatste polarisator- en $^1/_4\,\lambda$-folie, en brengt men op de voorruit van de wagen deze zelfde folies aan, dan kan de bestuurder het van zijn eigen koplichten afkomstige licht zien, ook al wordt dit bij de reflectie op de weg gedeeltelijk gedepolariseerd. Het licht van de koplantaarns van een tegenligger echter „ziet" men linksdraaiend circulair gepolariseerd, dus men ziet het niet (of bijna niet; door de dispersie is de uitdoving niet voor alle golflengten volledig). Overschakelen op een passeerlicht is dan niet meer nodig, men rijdt altijd met vol koplicht [8]). Dat deze elegante oplossing tot nu toe geen ingang heeft gevonden, is wel in hoofdzaak te wijten aan de onvermijdelijke lichtverliezen, die de polarisatie introduceert. Theoretisch wordt maximaal $^1/_3$, practisch nog minder, van de lichtstroom die de lamp geeft nuttig gebruikt. Men zou dus een aanzienlijk groter electrisch vermogen aan de koplichten ten koste moeten leggen dan men tegenwoordig doet.

Het laatstgenoemde bezwaar zou men kunnen vermijden door de polarisatie van het vol koplicht niet permanent doch slechts tijdens het passeren toe te passen, bijv. door het neerklappen van jalouzie-achtige folies voor lantaarn en voorruit. Bij deze handeling zou tevens op een ander vol-koplicht-filament, met groter vermogen, kunnen worden overgeschakeld, aldus door kortstondige overbelasting van de accu het lichtverlies in de folies compenserend.

Een ander voorstel tot oplossing van het verblindingsprobleem bestaat daarin, geen permanent brandende koplampen te gebruiken doch hiervoor flitslampen te installeren, die periodiek, bijv. met 50 Hz, uiterst korte en intensieve lichtflitsen, bijv. met een duur van $^1/_{10\,000}$ sec, geven. Het oog ziet dan de weg evenzo als ware hij permanent verlicht door een gloeilamp met dezelfde totale lichtstroom (daargelaten eventuele stroboscopische effecten, die misschien een hogere frequentie nodig zouden maken), maar men heeft nu de mogelijkheid het oog van de bestuurder in de tijden waarin de eigen koplampen géén licht uitzenden af te sluiten, bijv. door een roterende sluiter. Aangezien deze tijden, in het genoemde voorbeeld, $99^1/_2$ % van de gehele tijd beslaan, zou dus de intensiteit waarmee permanent brandende vreemde lichtbronnen, bijv. van een tegenligger, worden waargenomen, tot $^1/_{200}$ gereduceerd zijn [9]). Dit systeem is nog niet in de practijk beproefd.

---

[8]) Uit de omvangrijke literatuur over dit speciale onderwerp noemen we hier als een overzichtsartikel: W. Christoph en H. E. J. Neugebauer, Z. techn. Phys. **20**, 257-264, 1939, en een drietal rapporten van meer recente datum: E. H. Land, J. H. Hunt, V. J. Roper, Bull. Nr. 11 Highway Research Board, Juni 1948 (zie ook Polytechn. T. **4**, No. 37/38, 22 Sept. 1949).

[9]) Eventueel zou een fazeregeling der lichtflitsen gewenst zijn, om geen last te krijgen van een tegenligger die hetzelfde systeem met toevallig precies dezelfde frequentie toepast. — De gedachte van de zeer korte lichtflitsen, gesynchroniseerd met een sluiter, kan eveneens van belang zijn voor het signaleringswezen, als men een storende achtergrondverlichting (bijv. daglicht) bij het ontvangen van lichtseinen (bijv. van grondlichten van een vliegveld) onschadelijk wil maken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Aanhangsel: Meetprocedure en analysemethode van de rijproeven

Fig. 15 geeft schematisch het wegtraject weer waarop de rijproeven werden gedaan. Men liet twee auto's gelijktijdig vertrekken van de vaste startpunten A resp. A'. De snelheid moest gelijkmatig worden opgevoerd zodat de auto's vrijwel

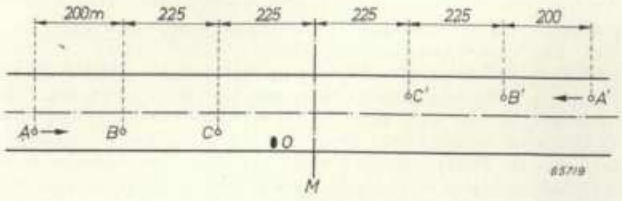


Fig. 15. Vereenvoudigd rijschema van de proeven met rijdende auto's. De twee auto's starten tegelijk in A resp. A' met het vol koplicht aan, voeren hun snelheid op totdat zij de snelheid 64 km/h bereiken, wat het geval behoort te zijn in B resp. B', schakelen op het passeerlicht over bij C resp. C'. O is een waar te nemen object.

op hetzelfde tijdstip de punten B resp. B' bereikten; van hier af moest met zo goed mogelijk constante snelheid van 64 km/h worden gereden. Bij aankomst in C resp. C' moest van het vol koplicht op het passeerlicht worden overgeschakeld. Op een te variëren afstand tussen C en C' was het object geplaatst. Op het moment waarop de bestuurder het obstakel zag, zette hij een weglengtemeter in werking, die hij weer tot stilstand bracht op het moment waarop hij het obstakel bereikte (dit werd even te voren door een assistent van de weg afgetrokken). Aldus werd de afstand van waarnemer tot object, de zichtbaarheidsafstand V, gevonden.

Gevraagd werd de zichtbaarheidsafstand als functie van de afstand L tussen de beide auto's. Het eigenaardige van de beschreven proeven (evenals van eerdere proeven, zoals die van Roper) is, dat men de „onafhankelijke variabele" L niet in de hand heeft. Men kan pas achteraf, uit de gemeten waarde V van de zichtbaarheidsafstand, afleiden hoe groot L op het moment van waarneming van het object geweest is, nl. als volgt. Men gaat er van uit dat de auto's, van het ogenblik af waarop door beide de constante eindsnelheid werd

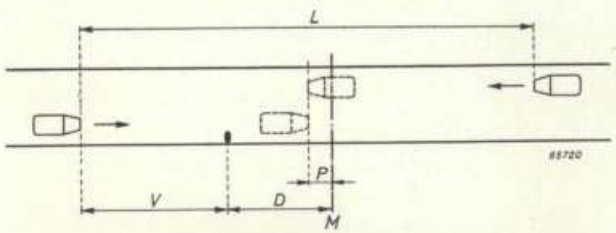


Fig. 16. De objecten werden op verschillende afstanden D van het midden M van het traject geplaatst. De twee auto's ontmoeten elkaar in het algemeen niet precies in het midden doch op een geringe afstand P hiervan. Uit D, P en de gevonden zichtbaarheidsafstand V kan de afstand L tussen de auto's op het moment van de waarneming worden berekend.

bereikt, zich precies symmetrisch ten opzichte van hun ontmoetingspunt hebben bewogen. Dit ontmoetingspunt wordt door een of meer, aan de weg staande, assistenten bepaald. Ligt dit punt op de afstand P van het midden van het gehele traject, en staat het object op een afstand D („object-excentriciteit") van dit midden, dan geldt klaarblijkelijk (*fig. 16*):

$$L = 2\,(V + D - P) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Stel nu dat men bij eenzelfde waarde van $D - P$ een aantal verschillende zichtbaarheidsafstanden V heeft opgekregen van verschillende waarnemers. Men zal deze waarden dan moeten middelen of, in overeenstemming met de eerder gegeven definitie, de in 70 % of 90 % van de waarnemingen overtroffen waarde moeten uitzoeken, en uit de aldus gevonden waarde, V_0, met behulp van (1) de bijbehorende L_0 berekenen. Aldus wordt één punt van de $V(L)$-kromme vastgelegd. In werkelijkheid gaat dit wel niet zo eenvoudig, aangezien er wegens verschillen in P vrijwel nooit een reeks, zelfs niet twee, meetpunten met precies dezelfde waarde van de „onafhankelijke variabele" $D - P$ optreden, maar langs een omweg lukt het toch. Men zet daartoe de gemeten waarden V uit als functie van $D - P$ en men legt op dit diagram een verticale strook van bepaalde breedte. Aan de absciswaarde $D - P$ van het midden van de strook kent men dan bijv. een ordinaatwaarde V_1 toe, gegeven door het meetpunt dat

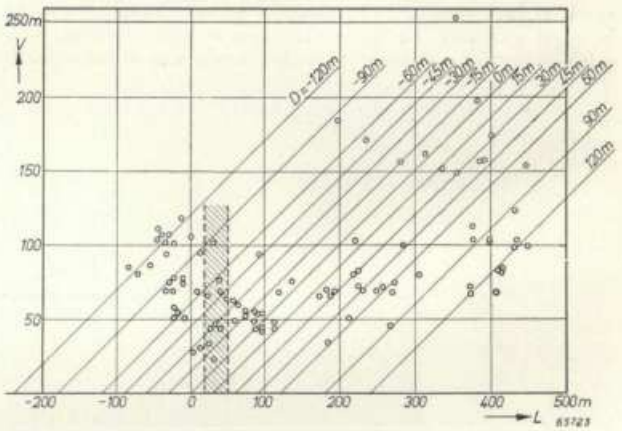


Fig. 17. Ter toelichting van de methode waarmee uit de sterk gespreide meetresultaten de gevraagde „gemiddelde" zichtbaarheidsafstanden V als functie van L kunnen worden afgeleid.

op 30 % van de in de strook aanwezige meetpunten na het laagste is. Heeft men dit voor alle mogelijke posities van de strook uitgevoerd, dan kan men de kromme $V_1 = f(D - P)$ tekenen. Deze geeft de afstanden voor 70% waarnemingskans aan en kan als criterium voor de beoordeling van het desbetreffende passeerlicht dienen. Op dezelfde wijze kan men natuurlijk een lijn voor bijv. 90 %, of voor 50 %, waarnemingskans construeren.

Merkwaardig genoeg heeft men bij alle vroeger ondernomen rijproeven niet deze of een analoge analysemethode toegepast, doch een methode die bij nader toezien foutief blijkt te zijn. Men begon nl. met voor elke V die was gemeten dadelijk de tegenligger-afstand L volgens (1) te berekenen, en zette dan alle V-waarden uit als functie van L (*fig. 17*). Op dit diagram paste men de methode der verticale stroken (of een analoge) toe. De fout van deze methode schuilt daarin dat voor een gegeven L-waarde een gemiddelde wordt gevormd uit V-waarden die bij verschillende objectplaatsen D, dus onder verschillende condities, zijn verkregen. Welke gevolgen dit heeft, kan men als volgt zien. Als we even ter vereenvoudiging aannemen dat P voor alle ritten $= 0$ was, dan geldt voor elke rit: $V = {}^1/_2L - D$, en alle meetpunten voor ritten met een bepaalde gekozen waarde van D zouden op één van de schuine lijnen in

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

fig. 17 komen te liggen, en wel statistisch op die lijn verdeeld (verdelingswet van Gauss). In het gebied van grote tegenliggerafstanden, $L > 200$ m, levert de werkmethode met de verticale stroken nu stellig te hoge waarden voor V, doordat de verdelingswet in de verticale strook hier eenzijdig is beïnvloed: lage V-waarden kunnen hierin niet gevonden worden aangezien geen proeven met voldoend grote object-excentriciteit D zijn gedaan! In het gebied geheel links in de grafiek vindt men analoog stellig te lage V-waarden.

Het is dus noodzakelijk, eerst het verband tussen V en D—P uit te werken en daarna pas dit uit te zetten in een (V,L)-grafiek. Aldus zijn de fig. 13 en 14 verkregen.

Samenvatting. Het „vol koplicht", dat de autorijder gebruikt bij het normale rijden op de weg in het donker, en het „passeerlicht", waarop hij overschakelt bij het ontmoeten van een tegenligger, moeten beide voldoen aan wettelijk vastgelegde eisen, teneinde bepaalde minimum zichtbaarheidsafstanden te waarborgen en tevens bij het passeren de tegenligger niet overmatig te verblinden. De eisen zijn in Amerika en in Europa verschillend. Zowel de gestelde eisen als de werkelijk gerealiseerde lichtverdeling voor vol koplicht en passeerlicht worden in dit artikel voor het Amerikaanse en het Europese systeem in beeld gebracht. De beide systemen worden onderling vergeleken, terwijl ook enige typische details van de constructie van Europese (Philips „Duplo"-lamp) en Amerikaanse autokoplampen („sealed-beam") worden besproken. Hoewel de wettelijk vastgelegde eisen in verschillende opzichten als onvolledig moeten worden beschouwd, levert zowel het Europese als het Amerikaanse systeem toch bevredigende resultaten — behalve op het ogenblik vlak vóór het passeren van een tegenligger, waarvoor men dus een lacune in de veiligheidsvoorzieningen moet constateren. Ook afgezien hiervan kunnen echter moeilijkheden ontstaan, nl. in het geval dat Amerikaanse en Europese koplichten op eenzelfde weg worden gebruikt. De automobilist met Europese koplichten komt dan wat de waarnemingsmogelijkheden betreft, sterk in het nadeel te verkeren. De hierdoor op het congres der C.I.E. te Parijs in 1948 opgeroepen discussies hebben geleid tot een herhaling van de oude proeven ter rechtstreekse bepaling van zichtbaarheidsafstanden. Door het Lichttechnische Laboratorium van Philips werden zulke proeven ondernomen met stationnaire en met rijdende auto's, terwijl speciaal voor de C.I.E., onder auspiciën van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde, eveneens stationnaire proeven en rijproeven werden uitgevoerd te Zandvoort in October 1949. Hoewel de controverse tussen de Amerikaanse en de Europese school daarmee nog niet tot een definitieve oplossing is gebracht, wijzen de resultaten, zowel van de stationnaire proeven als van de rijproeven, er op dat noch het ene noch het andere systeem duidelijk superieur kan worden genoemd. Een interessante bijzonderheid van de proeven is de vraag, hoe men de, sterk spreidende, meetresultaten moet analyseren. Een verbeterde methode hiervoor wordt in een appendix beschreven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

DE ELECTRO-ANALOOG, EEN TOESTEL VOOR HET BESTUDEREN VAN REGELMECHANISMEN

II. DE ELECTRISCHE UITVOERING

door J. M. L. JANSSEN en L. ENSING. 621-52:621.3.012.8:53.072.13

De electro-analoog is een soort rekenmachine, gespecialiseerd ten behoeve van het bestuderen van regelmechanismen. De werking is grotendeels electronisch, evenals die van de meer voor universeel gebruik bestemde rekenmachines, waarvan de „ENIAC" een bekend voorbeeld is. Werkt deze laatste met niet minder dan 18 000 electronenbuizen, de hieronder beschreven uitvoering van de electro-analoog heeft het toch ook al vrij respectabele aantal van 350 buizen nodig.

Met de benaming electro-analoog duiden wij een verzameling onderdelen aan waarmee electrische modellen van regelinrichtingen kunnen worden samengesteld en de werking ervan bestudeerd. In een vorig artikel [1]) hebben wij de bestanddelen en het gebruik van zulk een electro-analoog in grote lijnen besproken. In het onderstaande zullen de electrische schakelingen meer in bijzonderheden worden behandeld.

Met *fig. 1* brengen wij het (onvolledige) blokschema van de electro-analoog in herinnering. De voornaamste onderdelen zijn:

1) de proces-analoog P', een netwerk waarvan de sprongkarakteristiek gelijkvormig kan worden gemaakt met die van een te bestuderen proces,
2) het model van een continu werkende regelaar, die een versterker A, een proportioneel werkend, een integrerend en een differentiërend element bevat, alsmede de regelbare verzwakkers Z_0, Z_a, Z_b en Z_c (bovendien zijn in dit model een tweede integrerend en een tweede differentiërend element aanwezig; deze zijn in fig. 1 niet getekend),
3) enige modellen van discontinu werkende regelaars (niet getekend),
4) een verzameltrap S_1, waarin de uitgangspanning(en) van de regelaar en een eventueel als storing aangebrachte, periodiek herhaalde, spanningsprong worden samengevoegd,
5) een verzameltrap S_2, waarmee aan de uitgangspanning van de proces-analoog een stoorspanning kan worden toegevoegd,
6) een spronggenerator G, voor het opwekken van een blokvormige spanning, die dienst doet als ingangspanning bij het instellen van de procesanaloog, of als storing,
7) een kathodestraaloscillograaf *Osc*, voor het waarneembaar maken van de spanning op diverse punten van de schakeling,
8) een *R-C*-generator (niet getekend) van sinusvormige spanning met regelbare frequentie, voor het opnemen van frequentiekarakteristieken en van Nyquist-diagrammen, en
9) een meter (niet getekend) waarmee de nauwkeurigheid van de regeling kan worden gemeten.

Hieraan dienen nog te worden toegevoegd:

10) de voedingsapparaten, die de vele buizen in de genoemde onderdelen voorzien van de nodige spanningen.

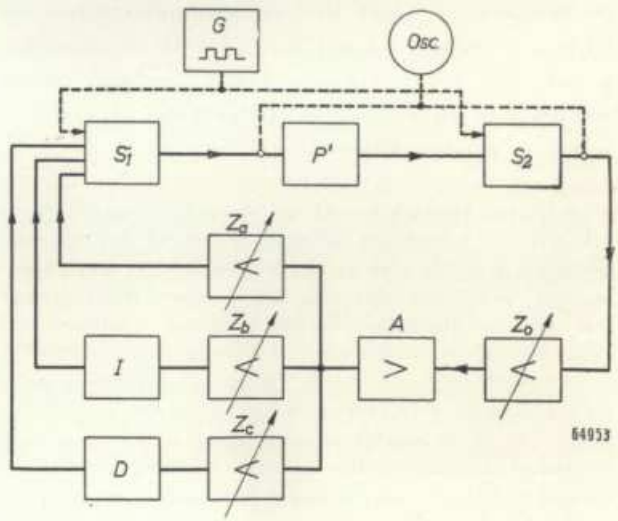


Fig. 1. Vereenvoudigd blokschema van de electro-analoog. P' proces-analoog, met ingangsverzameltrap S_1 en uitgangsverzameltrap S_2. Z_0 gemeenschappelijke verzwakker, A gemeenschappelijke versterker, I integrator, D differentiator, Z_a, Z_b en Z_c verzwakkers waarmee de proportionele, de integrerende en de differentiërende werking afzonderlijk kunnen worden ingesteld. De onderdelen Z_0, A, Z_a, Z_b, I, Z_c en D vormen het model van een continu werkende regelaar. De spronggenerator G en de oscillograaf *Osc* kunnen op willekeurige plaatsen worden aangesloten.

[1]) J. M. L. Janssen en L. Ensing, De electro-analoog, een toestel voor het bestuderen van regelmechanismen, I. Bestanddelen en werking, Philips techn. T. **12**, 261-275, 1950 (No. 9), hier verder aangehaald als I.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

In hetgeen volgt zullen wij, voor zover zij van belang zijn en de plaatsruimte het toelaat, bijzonderheden van deze onderdelen bespreken. Enige algemene kwesties willen we echter hieraan laten voorafgaan.

Over electrische „rekennetwerken", waarmee mathematische bewerkingen als optellen, integreren, differentiëren enz. kunnen worden uitgevoerd, bestaat reeds een vrij uitvoerige literatuur [2]). Voor finesses willen wij daarnaar verwijzen, maar niettemin menen wij dat een bespreking van de essentie der diverse schakelingen hier niet overbodig is.

Bij de uitvoering van de electro-analoog — een instrument voor ons eigen gebruik — zijn wij er meer op uit geweest, ontwikkelingstijd te besparen dan materiaal. Het aantal buizen bijv. — ongeveer 350 in totaal, waarvan meer dan de helft in voedingsgelijkrichters! — had wellicht kunnen worden beperkt, maar het nadeel van dit grote aantal woog minder zwaar dan het voordeel van de grotere kans dat de gekozen oplossingen snel tot het doel zouden voeren.

De volgende kwestie heeft grote invloed gehad op het algemene „plan" van de electro-analoog. Deze is zo ingericht dat van alle onderdelen de ingangs- en de uitgangsklemmen open ter beschikking staan, zodat iedere gewenste combinatie met behulp van losse snoeren kan worden verwezenlijkt. Hiertoe moeten de te verbinden klemmen hetzelfde gelijkspanningsniveau hebben, bijv. aardpotentiaal. De gebruikelijke methode om dit te bereiken — met scheidingscondensatoren en lekweerstanden — komt hier niet in aanmerking wegens de grote tijdconstanten die dan nodig zouden zijn en die onpractisch grote capaciteitswaarden zouden vereisen.

Er zouden namelijk zoveel van deze *R-C*-koppelingen in het gesloten regelcircuit voorkomen dat dit met een lage frequentie dreigt te gaan oscilleren indien men de tijdconstanten niet op een bepaalde wijze kiest. Iedere *R-C*-koppeling geeft een met afnemende frequentie groter wordende verzwakking, en tevens een fazeverschuiving, die ten slotte 90° nadert. Het oscilleren treedt in als er een frequentie is waarvoor de totale fazeverschuiving van alle *R-C*-koppelingen samen 180° is en tegelijk de versterking bij rondgang door het circuit minstens 1. Men zou deze toestand wel kunnen vermijden door er voor te zorgen dat in één der koppelingen een voldoend grote verzwakking optreedt bij de frequentie waarbij de overige koppelingen merkbaar tot de fazeverschuiving gaan bijdragen. Daartoe zou één *R-C*-koppeling een veel kleinere (maar toch altijd nog aanzienlijke) tijdconstante moeten hebben dan alle overige, waarvan de tijdconstante zeer groot zou moeten zijn. Ook als men de weerstanden van deze koppelingen zo groot mogelijk kiest, komt men tot onpractisch grote capaciteitswaarden.

Bovendien zou dan het beeld op de oscillograaf, dat zich na een schakelmanipulatie verplaatst (soms zelfs geheel van het scherm verdwijnt), slechts uiterst langzaam naar zijn oorspronkelijke plaats terugkeren.

Om van deze moeilijkheden af te zijn, hebben wij in de onder (1)...(5) genoemde onderdelen het gebruik van scheidingscondensatoren radicaal vermeden, met andere woorden: de schakelingen zijn zo ingericht dat ze, behalve wisselspanning, ook gelijkspanning overbrengen.

Vele der bedoelde onderdelen bevatten verscheidene versterkbuizen. Bijzondere maatregelen zijn nodig ter handhaving van de gelijkspanningsinstelling dezer buizen en van de gelijkheid in spanningsniveau der op elkaar aan te sluiten klemmen. Wij komen hierop nog terug.

De „bijzondere" proces-analogen

Zoals in het artikel I werd vermeld, is de electro-analoog voorzien van drie netwerken die als proces-analoog dienst kunnen doen, en wel van een universele proces-analoog, waarmee iedere willekeurige sprongkarakteristiek kan worden ingesteld, en van twee „bijzondere" netwerken (*R-C*-schakelingen), waarmee een beperkt aantal sprongkarakteristieken te verkrijgen is. In tegenstelling tot wat het geval is bij de universele proces-analoog, beantwoordt de schakeling van de bijzondere proces-analogen enigszins aan de physische werking van de (werkelijke of hypothetische) processen die er mee moeten worden nagebootst.

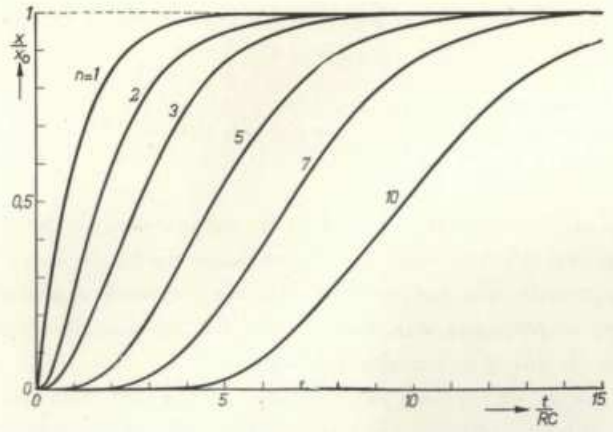
De ene bijzondere proces-analoog bestaat uit een twintigtal rechtstreeks in cascade geschakelde *R-C*-secties, de andere uit 40 *R-C*-secties waarbij echter tussengeschakelde buizen terugwerking op de voorafgaande secties voorkomen. Alle secties hebben dezelfde waarden van *R* en *C*. De berekende sprongkarakteristieken van het laatstgenoemde netwerk, voor enige waarden van het aantal gebruikte secties *n*, vindt men in *fig. 2*.

De twee netwerken zijn electrisch en mechanisch tot een eenheid verenigd. *Fig. 3* geeft de schakeling weer. De buizen bevinden zich in anodebasisschakeling („cathode follower"-schakeling). Deze heeft het voordeel dat de uitgangsimpedantie laag is (ca 1000 ohm), zodat andere onderdelen van de electro-analoog, die een ingangsimpedantie in de orde van 1 MΩ hebben, op de uitgang kunnen worden

[2]) Zie bijv.: F. C. Williams, F. J. U. Ritson en T. Kilburn, Automatic strobes and recurring selectors, J. Inst. El. Engrs. **93** IIIA, 1275-1300, 1946, en B. Chance e.a., Waveforms (Massachusetts Institute of Technology, Radiation Laboratory Series No. 19), New York 1949.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



64845

Fig. 2. Sprongkarakteristiek van een uit n secties bestaand R-C-netwerk, waarbij tussen de secties versterkbuizen zijn geschakeld, voor verschillende waarden van n.

aangesloten zonder dat daardoor de uitgangspanning noemenswaard verandert. De versterking per trap is iets kleiner dan 1 (ca 0,94), hetgeen hier geen bezwaar is, daar de totale spanningsdaling in de proces-analoog wordt gecompenseerd in de verzameltrap.

Zoals in de inleiding al werd opgemerkt, worden geen roostercondensatoren gebruikt. Dit maakt nodig dat de voeding geschiedt uit twee spanningsbronnen, waarvan de ene ca + 200 V, de andere — 200 V, ten opzichte van aarde levert. Op elk der kathodeweerstanden ($R_1 + R_2$) is een aftakking aangebracht, waarmee een uitgangsklem is verbonden en tevens de weerstand R van de volgende sectie. De kathodeweerstanden zijn zo gedimensionneerd dat de aftakkingen ongeveer aardpotentiaal en de kathoden de nodige positieve kathodespanning krijgen. De potentiaal van de uitgangsklem die men wil gebruiken wordt tevoren precies nul gemaakt door instelling van de positieve voedingspanning, die daartoe regelbaar is van 160 tot 240 V.

In *fig. 4* ziet men de uitvoering, in de vorm van een lade, die in een der panelen van de electro-analoog kan worden geplaatst. De 40 triodesystemen bevinden zich in 20 buizen ECC 40, waarvan er in de figuur tien zichtbaar zijn. Links ziet men de geheel met stekerbussen bezette voorzijde van de lade. Met deze bussen kan men het gewenste aantal secties van de gewenste soort (zonder of met tussengeschakelde buizen) in bedrijf stellen.

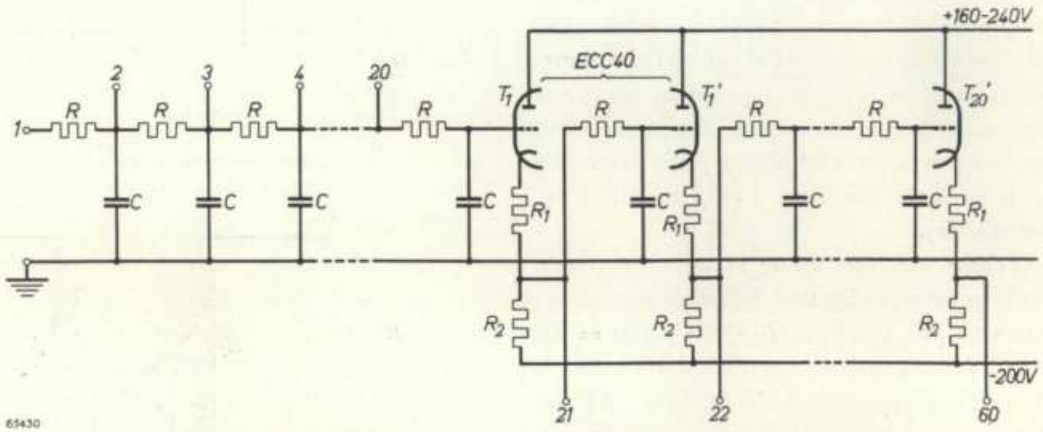
Het spreekt van zelf dat het aantal bijzondere netwerken niet tot deze twee beperkt behoeft te blijven. Desgewenst kan men de afgebeelde lade vervangen door een waarin een ander, naar behoefte samengesteld netwerk is ondergebracht, dat men als proces-analoog wil laten dienst doen.

De universele proces-analoog

Voor het principe van de universele proces-analoog verwijzen wij naar de figuren 6, 7, 8 en 9 van het artikel I. De voornaamste onderdelen zijn: 1) het vertragingsnetwerk, 2) het omzetnetwerk, en 3) de inrichting waarmee fracties van spanningen die uit de sub (1) en (2) genoemde onderdelen afkomstig zijn, kunnen worden ingesteld en gesommeerd. Deze onderdelen zullen nu achtereenvolgens worden besproken.

Het vertragingsnetwerk

Het vertragingsnetwerk bestaat uit 50 in cascade geschakelde secties, die zijn samengesteld uit spoelen en condensatoren. Deze secties moeten

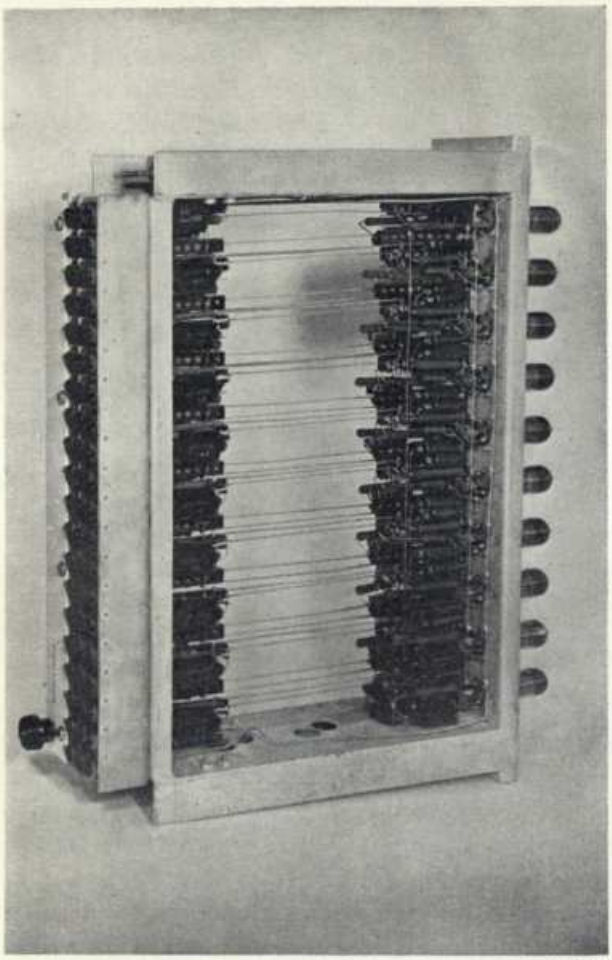


65430

Fig. 3. 20 direct in cascade geschakelde R-C-secties, gevolgd door 40, door buizen ontkoppelde, R-C-secties. De buizen (dubbele trioden ECC 40) worden gebruikt in anode-basisschakeling. De eerste, T_1, doet dienst als uitgangsbuis van het netwerk met directe cascadeschakeling, waarvan dus klem *21* steeds de uitgangsklem is. Wenst men bijv. 5 secties van dit netwerk te gebruiken, dan kiest men klem *16* als ingangsklem. Van het netwerk met tussengeschakelde buizen is steeds klem *20* de ingangsklem; als uitgangsklem kiest men er een uit *21* ... *60*, naar gelang van het aantal gewenste secties.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



65177

Fig. 4. Lade met de twee bijzondere proces-analogen volgens fig. 3. Links de stekerbussen (*1* ... *60* in fig. 3), rechts zijn tien van de 20 buizen ECC 40 zichtbaar.

zo zijn ingericht dat een spanningsprong (of ander spanningsverloop) aan de ingang onverzwakt en onvervormd, doch met een bepaalde vertragingstijd τ per sectie wordt doorgegeven. Dit betekent in de eerste plaats dat het netwerk aan het eind moet zijn afgesloten met zijn karakteristieke impedantie, zodat er geen reflecties optreden, en voorts dat iedere sectie een sinusvormige spanning moet doorgeven met een fazeverschuiving β die evenredig is met de frequentie (immers, $\tau = \beta/\omega$, als ω de hoekfrequentie is).

De schakeling van één sectie is weergegeven in *fig. 5a*. Ze is gelijkwaardig met het vervangschema fig. 5*b* indien $2C_1 = C'$, $L = L' + M'$, $\frac{1}{2}M = M'$ en $\frac{1}{2}C_2 = C''$. Dit schema is zo getekend dat men het kan splitsen in twee symmetrische helften, waarvan er één is weergegeven in fig. 5*c*. Wij zullen nu nagaan aan welke voorwaarden de grootheden moeten voldoen om het netwerk zo goed mogelijk de gewenste eigenschappen te geven.

De overdracht van een sectie, d.i. de verhouding van de uitgangspanning V_2 tot de ingangspanning V_1 (fig. 5*a*), beide beschouwd als complexe grootheden, kan men schrijven als

$$\frac{V_2}{V_1} = e^{-\Theta} = e^{-(\alpha+j\beta)}, \quad \ldots \quad (1)$$

waarin het reële deel α van de complexe grootheid Θ een maat is voor de verzwakking die in de sectie optreedt. De parameters van het netwerk moeten zo worden gekozen dat α voor alle frequenties nul is en dat β evenredig is met ω.

Aan de eerste voorwaarde kan exact worden voldaan (althans voor zover de verliezen en ongewenste capaciteiten van de schakelelementen mogen worden verwaarloosd) door er voor te zorgen dat

$$\frac{C'}{4C''} = \frac{L' + M'}{L' - M'}, \text{ stel} = m^2 \quad \ldots \quad (2)$$

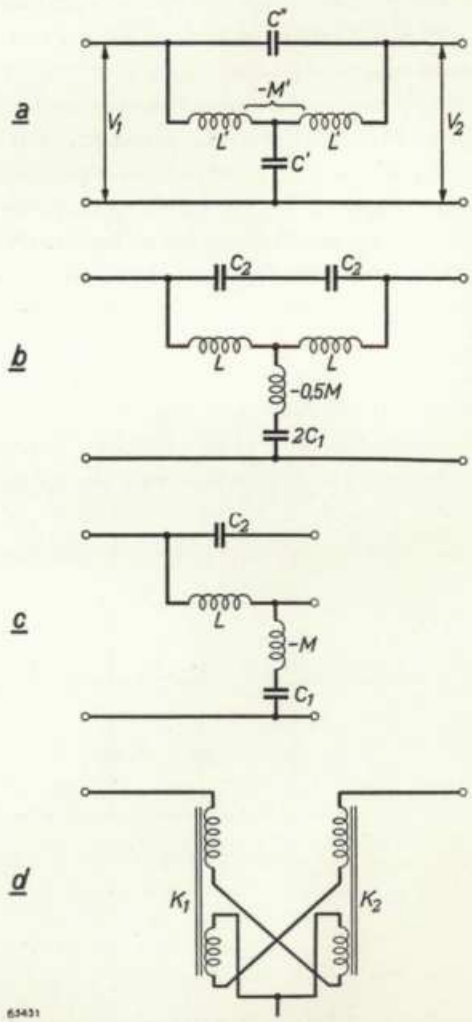


Fig. 5. *a*) Sectie van het vertragingsnetwerk. *b*) Vervangschema van (*a*). *c*) Helft van het symmetrische schema (*b*). *d*) Wijze van uitvoering van de twee spoelen met zelfinductie L' en wederzijdse inductie M'. K_1 en K_2 zijn afzonderlijke Pupinkernen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Deze formule volgt uit de voorwaarde dat de karakteristieke impedantie van het netwerk voor alle frequenties reëel moet zijn, dwz. dat het product van de nullast- en de kortsluitimpedantie der halve sectie (fig. 5c) voor alle frequenties een positieve waarde moet hebben.

Voor een nadere uitwerking van deze en de volgende voorwaarde verwijzen wij naar de literatuur [3]).

De tweede voorwaarde kan slechts bij benadering worden vervuld. In het hoekfrequentiegebied dat zich uitstrekt van nul tot $\omega_0 = 1/\sqrt{LC_2}$ is de benadering zo goed mogelijk bij een waarde van m die ongeveer 1,6 bedraagt (zie *fig. 6*): τ wijkt in dit gebied dan niet meer dan enkele percenten af van de waarde τ_0 die voor $\omega = 0$ geldt.

In een spanning met rechthoekige krommevorm zijn alle veelvouden van de grondfrequentie vertegenwoordigd. Zet men zulk een spanning op de ingang van het op de juiste wijze afgesloten vertragingsnetwerk dat voldoet aan (2), met $m = 1{,}6$, en is $\omega_0/2\pi$ veel groter dan de grondfrequentie van de aangelegde spanning, dan worden de componenten met de grondfrequentie en met de veelvouden tot $\omega_0/2\pi$ doorgelaten met een nagenoeg gelijke vertraging $\tau \approx \tau_0$ per sectie, doch de hogere harmonischen worden doorgelaten met een kleinere vertraging (fig. 6). Vandaar dat de spanning aan de uitgang van bijv. de tiende sectie (indien het

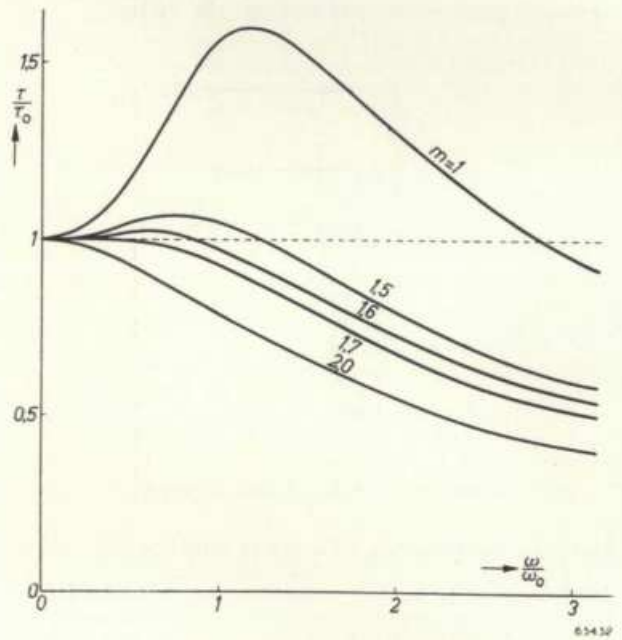
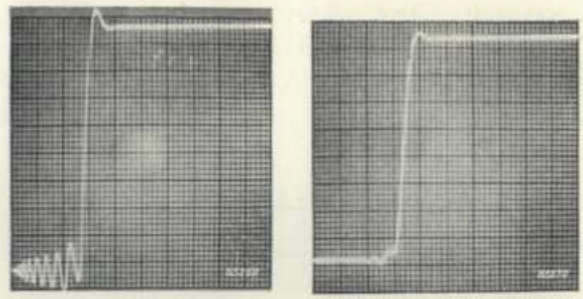


Fig. 6. De vertragingstijd τ per sectie volgens fig. 5 (indien is voldaan aan verg. (2)), als functie van de hoekfrequentie ω, voor verschillende waarden van de parameter m. (Voor de betekenis van τ_0, ω_0 en m, zie tekst.) Voor $m \approx 1{,}6$ is τ ongeveer constant in het gebied $0 \leqq \omega \leqq \omega_0$.

[3]) M. H. Hebb, C. W. Horton and F. B. Jones, On the design of networks for constant time delay, J. appl. Phys. **20**, 616-620, 1949 (No. 6).



a *b*

Fig. 7. Oscillogrammen van de spanning aan de uitgang van de tiende sectie van het vertragingsnetwerk indien dit onmiddellijk achter deze sectie is afgesloten. Bij (*a*) stond op de ingang van het netwerk een spanningsprong, bij (*b*) een spanning die in ongeveer de tijd τ geleidelijk van nul tot maximum toeneemt en dan constant blijft. (Door de gedrongen tijdschaal is niet zeer duidelijk dat bij (*b*) het steilste deel van de kromme veel minder steil is dan bij (*a*).)

netwerk hier op de juiste wijze wordt afgesloten) het beeld van *fig. 7a* vertoont: na $t = 10\tau$ ontstaat inderdaad een vrij goede reproductie van de aangelegde spanningsprong, doch vóór $t = 10\tau$ is reeds een trilling aanwezig met geleidelijk afnemende frequentie en aangroeiende amplitude [4]). Hierbij is $\tau = 56{,}3\ \mu s$, $\omega_0/2\pi = 9120$ Hz, en de grondfrequentie van de rechthoekige spanning 50 Hz.

Is daarentegen de aangelegde spanning min of meer trapeziumvormig, met flanken die een tijd beslaan ongeveer even lang als de vertraging τ van het netwerk, dan zijn de harmonischen met frequenties hoger dan $\omega_0/2\pi$ reeds zo zwak dat van de genoemde trilling weinig meer is te zien (fig. 7*b*). Dit is een van de redenen waarom in feite de rechthoekige spanning in een ongeveer trapeziumvormige spanning wordt omgezet. De andere reden is, dat dan de uitgangspanning van de proces-analoog de vorm heeft van een veeldelige geknikte lijn, die aanzienlijk dichter bij een vloeiende kromme aansluit dan de trapjeskromme, die men zou verkrijgen met een rechthoekige ingangspanning (vgl. artikel I, fig. 7 en 9). Door allerlei oorzaken is trouwens de verkregen kromme in werkelijkheid niet geknikt, doch inderdaad vloeiend.

Het omzetnetwerk

Het omzetten van de rechthoekige generatorspanning in een trapeziumvormige spanning geschiedt in

[4]) De vraag ligt voor de hand, waarom in plaats van een netwerk dat spanningen met alle frequenties gelijkmatig doorlaat, niet een laag doorlatend filter is gebruikt, met een afsnijfrequentie in de buurt van $\omega_0/2\pi$. Dan zouden immers de bedoelde hogere harmonischen worden onderdrukt.

Het antwoord hierop is, dat een laag doorlatend filter bij een spanningsprong op de ingang steeds een eigen trilling vertoont, die in het onderhavige geval eveneens zeer storend is. Dit geldt ook als het filter op de beste wijze is afgesloten (zie bijv. Philips techn. T. **12**, 243, 1950 (No. 8), fig. 11*b*).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een netwerk (*0, fig. 8*) waarvoor een tiental gelijke *R-C* secties met tussengeschakelde buizen is gekozen. Men heeft dus de beschikking over spanningen met het in fig. 2 weergegeven verloop. Dat voor $n = 10$ is

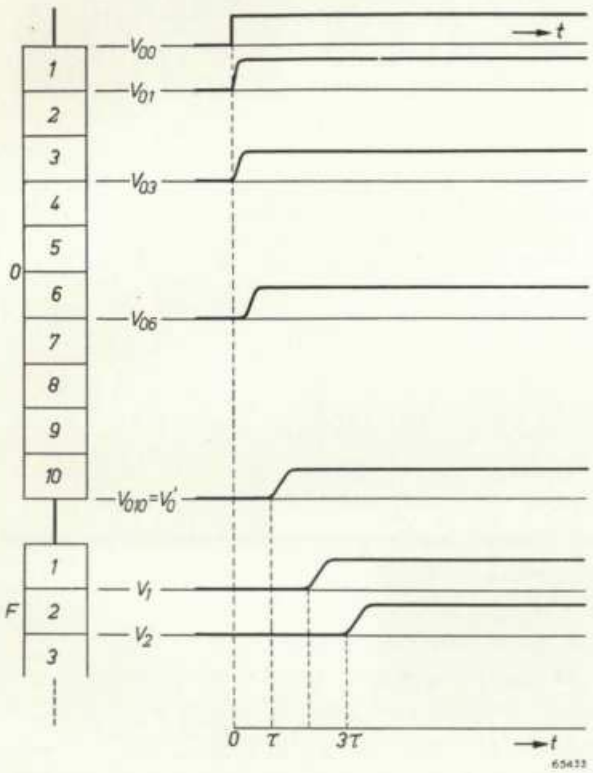


Fig. 8. Vertragingsnetwerk *F*, met een ervóór geschakeld netwerk *0*, dat de spanningsprong V_{00} omzet in de geleidelijk oplopende spanning V_{010} (die V_0' werd genoemd in artikel I).

voor ons doel geschikt op voorwaarde dat de tijdconstante *RC* juist is gekozen, en wel zodanig dat de „dode tijd" die na een spanningsprong aan de ingang verstrijkt alvorens de uitgangspanning begint aan te lopen, ongeveer gelijk is aan de vertragingstijd τ van het filter. Wil men met de proces-analoog een proces nabootsen dat, op de tijdschaal van de analoog, een kortere, of in het geheel geen, dode tijd heeft, dan doet men dit door in de uitgangspanning van de proces-analoog ook spanningen op te nemen uit tussengelegen secties van het omzetnetwerk, bijv. uit de eerste, de derde en de zesde sectie (zie fig. 8).

Voor bijzonderheden van de schakeling verwijzen wij naar de rechterhelft van fig. 3.

Het regelen en het sommeren van fracties der uitgangspanningen van het vertragings- en het omzetnetwerk

Om de proces-analoog te laten beantwoorden aan een willekeurig proces, dus om er een willekeurige sprongkarakteristiek mee te kunnen instellen, moeten regelbare fracties van de spanningen $V_1 \ldots V_{50}$ aan de uitgangen der secties van het vertragingsnetwerk worden gesommeerd; eventueel moeten hieraan nog fracties van de spanningen V_{01}, V_{03}, V_{06} en V_{010} uit het omzetnetwerk worden toegevoegd. Het resultaat is een somspanning V_s':

$$V_s' = [a_{01} V_{01} + a_{03} V_{03} + a_{06} V_{06} + a_{010} V_{010}] + \\ + [a_1 V_1 + \ldots + a_{10} V_{10}] + [a_{11} V_{11} + \ldots + a_{20} V_{20}] + \\ + \ldots + [a_{41} V_{41} + \ldots + a_{50} V_{50}] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

V_s' kan inderdaad het verloop van iedere gewenste sprongkarakteristiek vertonen, mits de coëfficienten a in (3) onafhankelijk van elkaar van $-a_{max}$ tot $+ a_{max}$ regelbaar zijn. Deze regelbaarheid wordt verkregen door elk van de 54 spanningen $V_{01} \ldots V_{50}$ te versterken in een volgens *fig. 9* geschakelde balanstrap [5]). De uitgangspanning V_o treedt op aan het glijcontact van een tussen de anoden geschakelde potentiometer R_4 en is met dit contact regelbaar van $-\frac{1}{2}\mu$ tot $+\frac{1}{2}\mu$ maal de ingangspanning V_i, als μ de totale versterking van de trap voorstelt.

Voor het sommeren van de uitgangspanningen zijn de 54 balansversterkers verdeeld in zes groepen, in (3) aangegeven met vierkante haken: de eerste groep bestaat uit vier versterkers, de andere vijf groepen, die zijn aangesloten op de secties van het vertragingsnetwerk, hebben er elk tien.

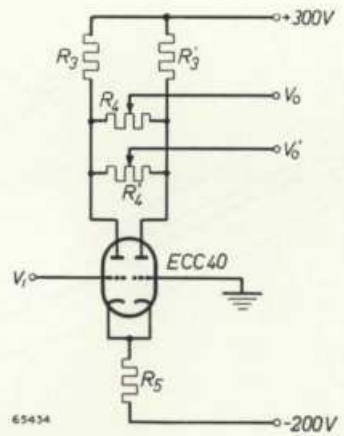


Fig. 9. Balansschakeling, waarmee de uitgangspanningen van het omzetnetwerk en van het vertragingsnetwerk worden versterkt. R_3, R_3' anodeweerstanden van de dubbele triode ECC 40. De hoge kathodeweerstand R_5 zorgt voor symmetrie, ondanks de asymmetrische ingang. Met de potentiometer R_4 is de desbetreffende coëfficient a van verg. (3) regelbaar van $-a_{max}$ tot $+ a_{max}$. Teneinde een tweede sprongkarakteristiek te kunnen instellen, onafhankelijk van de eerste, is in iedere balansversterker een tweede potentiometer (R_4') aangebracht.

[5]) De werking van deze balansschakeling, die een asymmetrische ingang heeft, is o.a. verklaard in een artikel van E. E. Carpentier, Philips techn. T. **9**, 204, 1947, fig. 3*b*.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

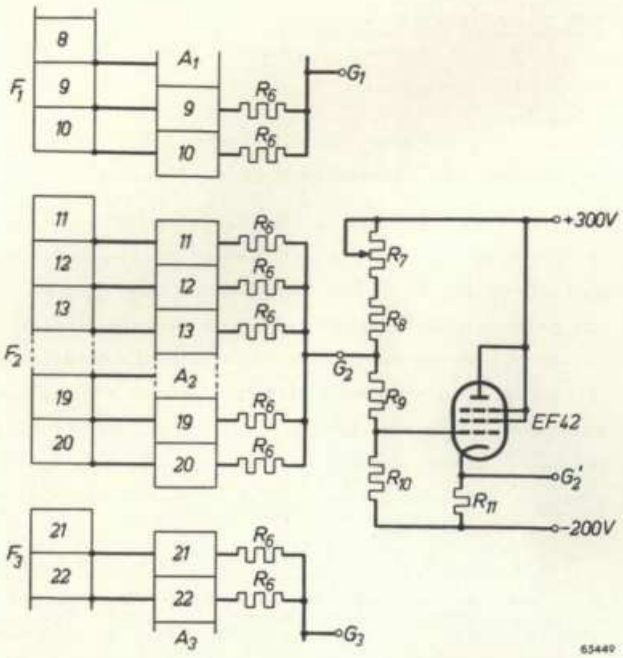


Fig. 10. Sub-verzameltrap, waarin de tien uitgangspanningen van een deel (F_2) van het vertragingsnetwerk, na versterking door de balansversterkers A_2 (fig. 9), worden gesommeerd. (F_1 voorafgaande, F_3 volgende tien secties, met bijbehorende versterkers, A_1 en A_3). De uitgangen van de versterkers zijn over weerstanden R_6 verbonden met verzamelpunten G_1, G_2, G_3, enz. De buis EF 42 in anodebasisschakeling en de weerstanden R_7 ... R_{11} zorgen voor een uitgang met lage impedantie en met gelijkspanningsniveau nul.

Het sommeren geschiedt in twee stappen: eerst worden in een „sub-verzameltrap" de vier, resp. tien, uitgangspanningen van de tot één groep behorende balansversterkers gesommeerd, en vervolgens worden nog de zo verkregen zes groepspanningen samengevoegd, hetgeen geschiedt in de uitgangsverzameltrap van de proces-analoog (S_2 in fig. 1).

In *fig. 10* is de schakeling van een der sub-verzameltrappen weergegeven [6]). Gelijke weerstanden R_6 verbinden de uitgangsklemmen van de balansversterkers uit één groep met een verzamelpunt (i.c. G_2). Dit neemt een spanning aan die het gemiddelde is van die der uitgangsklemmen, en dus slechts op een constante factor (4 of 10) na gelijk is aan de gewenste som. Via een buis in anodebasisschakeling (wegens de nodige lage uitgangsimpedantie) wordt de spanning van G_2 overgebracht op de groepsuitgangsklem G_2'. Door middel van een potentiometer van weerstanden, R_7 ... R_{10}, waarvan R_7 regelbaar is, maakt men de gelijkspanning van G_2' gelijk aan nul (die van G_2 is circa + 150 V). Deze potentiometer is zo gedimensionneerd dat in de rusttoestand de tien weerstanden R_6 en de glijcontacten van de potentiometers R_4 (fig. 9) stroomloos zijn, onafhankelijk van de stand dezer glijcontacten; het gelijkspanningsniveau van de verzamelpunten verandert dus niet als men de coëfficienten a varieert.

De tweede stap van het sommeren is het samenvoegen van de spanningen der zes groepsuitgangsklemmen. Dit geschiedt, zoals gezegd, in de uitgangsverzameltrap van de proces-analoog (S_2 in fig. 1). Deze trap biedt tevens gelegenheid, aan de som nog een sinus- of sprongvormige „storing" toe te voegen, zodat men kan nagaan hoe het regelcircuit daarop reageert (in het artikel I zijn daarvan voorbeelden gegeven). De schakeling van deze verzameltrap wordt beschreven in een volgend hoofdstuk.

Uitvoering van de universele proces-analoog

De universele proces-analoog is ondergebracht in een zestal laden, die elk een der meergenoemde groepen bevatten. In *fig. 11* is zo'n lade afgebeeld. Men ziet in het midden de 20 spoelen, waarvan er telkens twee tot een sectie van het vertragingsnetwerk behoren (fig. 5*a*). De nodige wederzijdse inductie M' is verkregen door de spoelen uit te voeren als is weergegeven in fig. 5*d*. Rechts boven in fig. 11 ziet men de buis EF 42 van de sub-verzameltrap (vgl. fig. 10), en daaronder de tien dubbele

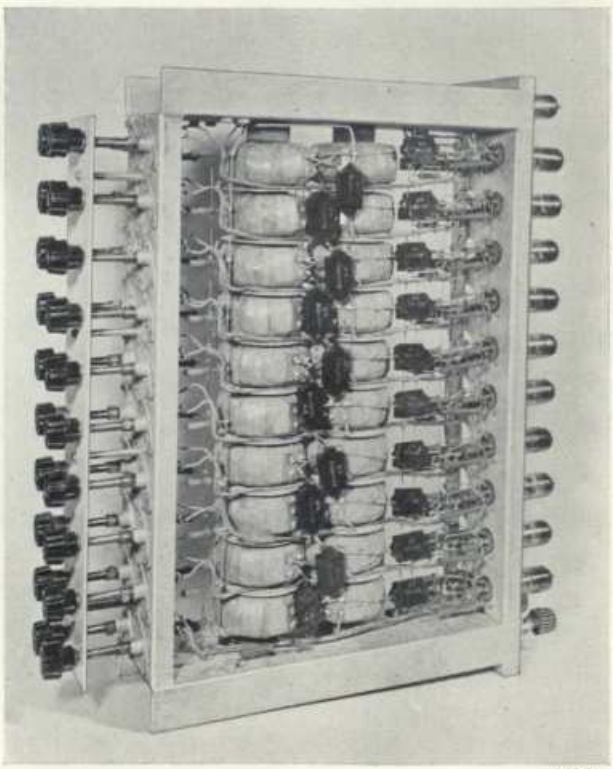


Fig. 11. Lade met tien secties van het vertragingsnetwerk. Links de knoppen van de 20 potentiometers R_4 en R_4' (fig. 9), in het midden de spoelen en condensatoren (fig. 5), en rechts de versterkbuizen.

[6]) Uitvoerig zijn dergelijke (en andere) optelnetwerken besproken in het in noot [2]) aangehaalde boek (blz. 629-648).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

trioden ECC 40 van de balansversterkers (fig. 9). Zoals in laatstgenoemde figuur is aangegeven, is er behalve de potentiometer R_4 nog een tweede, R_4'; dienovereenkomstig is ook de sub-verzameltrap dubbel uitgevoerd. De reden hiervoor is, dat men aldus twee verschillende sprongkarakteristieken kan instellen, geldend hetzij voor twee waarden van een der bedrijfsgrootheden (bij temperatuurregeling bijv. voor twee omgevingstemperaturen), hetzij voor twee, op verschillende plaatsen in het proces aangebrachte, opnemers (waarvan dan de ene voor de regeling dient, terwijl men met behulp van de andere kan waarnemen hoe de te regelen grootheid zich elders in het proces gedraagt). Geheel links in fig. 11 ziet men de 20 knoppen van de potentiometers R_4 en R_4'.

Fig. 12 toont de voorzijde van de electro-analoog. In het rechterpaneel zijn vijf van de besproken laden (F) op hun plaats aangebracht. Daaronder bevindt zich een lade Q die de beide reeds besproken bijzondere proces-analogen bevat. Wenst men te werken met de universele proces-analoog, dan moet deze onderste lade worden vervangen door een andere waarin het omzetnetwerk met toebehoren is ondergebracht.

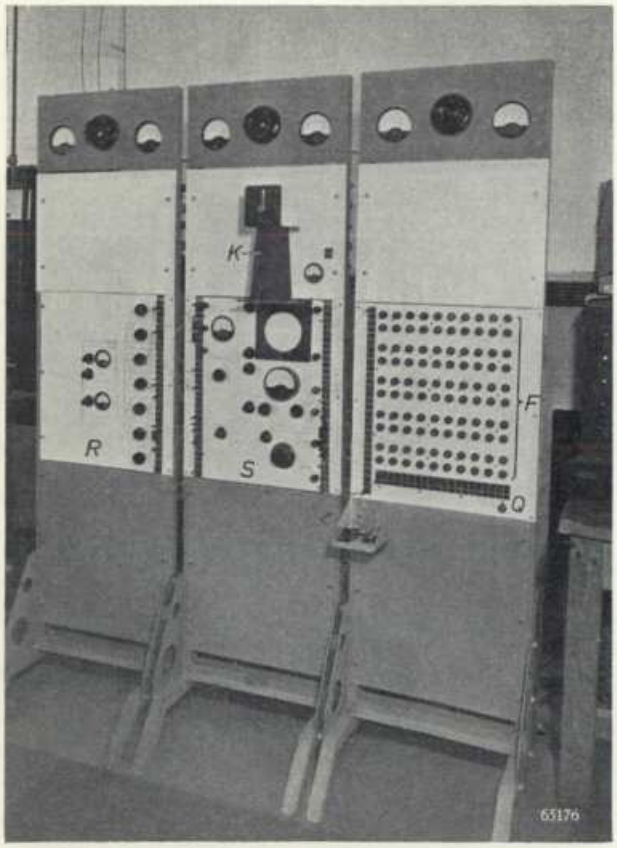


Fig. 12. Voorzijde van de electro-analoog. R paneel met regelaarmodellen, S paneel met oscillograaf, verzameltrappen, spronggenerator en R-C-generator, F vertragingsnetwerk, Q bijzondere proces-analogen. Bij gebruik van de universele proces-analoog wordt Q vervangen door een lade met het omzetnetwerk (*0* van fig. 8). K koker, die kan worden neergeklapt voor het fotograferen van de oscillogrammen.

De „universele" versterker

Versterkers komen in het regelcircuit van de electro-analoog op verscheidene plaatsen voor, niet alleen op de in het blokschema (fig. 1) met A aangeduide plaats, maar ook in de verzameltrappen (S_1 en S_2), in de integrator (I), in de differentiator (D) en in de oscillograaf (*Osc*). Afgezien van kleine varianten, zijn de meeste van deze versterkers gebouwd naar eenzelfde principeschema, reden waarom wij hier gemakshalve spreken van „universele" versterker.

Kort gezegd, bestaat de universele versterker uit drie in cascade geschakelde balanstrappen, waarvan de eerste een asymmetrische ingang heeft en de laatste, teneinde een lage uitgangsimpedantie te verkrijgen, is uitgevoerd in anodebasisschakeling. Er worden, zoals gezegd, geen roostercondensatoren in gebruikt, daar deze fazeverschuivingen zouden veroorzaken die het regelcircuit aan het oscilleren zouden brengen. Door tegenkoppeling wordt een hoge mate van stabiliteit verkregen.

Balansschakeling heeft voor een gelijkspanningsversterker verscheidene voordelen. Geeft men een in balans geschakeld buizenpaar een gemeenschappelijke kathodeweerstand en een gemeenschappelijke schermroosterweerstand, dan zijn, bij volkomen symmetrie, de stromen door deze weerstanden constant, onafhankelijk van de ingangspanning, en dus zijn ook de kathodespanning en de schermroosterspanning constant. Deze weerstanden bewerkstelligen dus geen vermindering van de versterking (wat zij in een asymmetrische versterker wèl zouden doen, tenzij men ze door grote condensatoren zou overbruggen, doch dit middel is uiteraard voor gelijkspanning onwerkzaam). In de tweede plaats wordt door verschillen die eventueel tussen de buizen van een paar optreden, de symmetrie slechts in geringere mate verstoord: de genoemde gemeenschappelijke weerstanden streven als het ware naar een behoud van de symmetrie (zie noot [5]). Ten slotte nog is in de electro-analoog een symmetrische uitgangspanning een gemak, al wordt slechts één van de beide spanningen (ten opzichte van aarde) gebruikt: men kan nu die spanning nemen die het voor de regeling juiste teken heeft; zonder deze mogelijkheid zou in sommige gevallen een „omkeertrap" nodig zijn, die het teken van de spanning omkeert.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

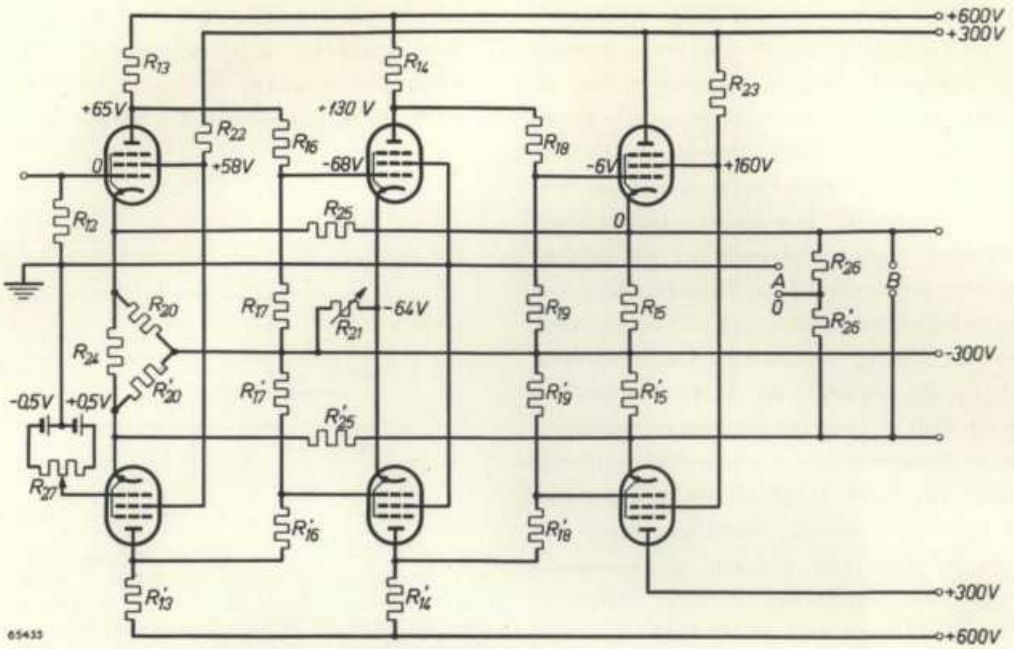


Fig. 13. Schakeling van de universele versterker (vereenvoudigd). R_{12} ingangsweerstand, R_{12}, R_{13}' anodeweerstanden van de eerste trap, R_{14}, R_{14}' idem van de tweede trap, R_{15}, R_{15}' kathodeweerstanden van de derde trap (anodebasisschakeling). R_{16}-R_{17}, R_{16}'-R_{17}', R_{18}-R_{19}, R_{18}'-R_{19}' vormen spanningsdelers, waardoor de stuurroosters van de volgende trap op de juiste potentiaal worden gebracht. R_{20}-R_{20}' (die men in eerste benadering als parallelgeschakeld kan denken, daar R_{24} een veel kleinere weerstand is) is de gemeenschappelijke kathodeweerstand van de eerste trap, R_{21} is die van de tweede trap, R_{22} en R_{23} zijn de gemeenschappelijke schermroosterweerstanden van de eerste, resp. van de derde trap. R_{24} is een tegenkoppelweerstand, die van de uitgangsklemmen stroom ontvangt over de gelijke weerstanden R_{25} en R_{25}'.

Ter contrôle van het gelijkspanningsniveau en van de symmetrie wordt, bij kortgesloten ingang, een draaispoelvoltmeter achtereenvolgens aangesloten op A en op B. Bij A wordt de gemiddelde spanning van de uitgangsklemmen ($R_{26} = R_{26}'$) ten opzichte van aarde gemeten; deze spanning wordt op nul gebracht door instelling van R_{21}, die de kathodestromen, en dus ook de anodestromen en -spanningen, van de tweede trap in gelijke zin beïnvloedt. Bij B meet men het spanningsverschil tussen de beide uitgangsklemmen, dus de mate van asymmetrie. Dit verschil wordt nul gemaakt met behulp van de potentiometer R_{27}, waarmee de stuurroosterspanning van één der buizen in de eerste trap van ca $-0{,}5$ tot $+0{,}5$ V kan worden gevarieerd (in werkelijkheid wordt R_{27} niet gevoed uit een batterij, maar uit de bronnen van $+$ 300 en -300 V).

De juiste gelijkspanningen (ten opzichte van aarde) van verschillende punten zijn in het schema opgegeven.

De zes buizen zijn van het type UF 41.

Men vindt de besproken maatregelen toegepast in het enigszins vereenvoudigde schema van de universele versterker (*fig. 13*), dat in het onderschrift is toegelicht.

Om disproportionaliteit in o.a. de balansversterkers (fig. 9) achter het vertragingsnetwerk te vermijden, mogen de eenmaal ingestelde gelijkspanningsniveaus niet aan verandering onderhevig zijn. Daarom is het noodzakelijk dat de voedingspanningen van de versterker nauwkeurig constant zijn. Anode- en roosterspanningen worden ontleend aan zorgvuldig gestabiliseerde gelijkrichters ($+600$ V, $+300$ V en -300 V). Een vierde gestabiliseerde gelijkrichter levert de gloeistroom voor de zes penthoden die in de versterker voorkomen, aangezien bij voeding met uit het net betrokken wisselstroom de netspanningschommelingen — ondanks het genoemde „streven naar symmetrie" — te grote asymmetrieën zouden veroorzaken doordat de twee buizen van een balanstrap nooit volkomen identiek zijn. Wegens deze gelijkstroomvoeding zijn buizen van het U-type gekozen (UF 41), waarvan de gloeidraad bij 12,6 V slechts 100 mA verbruikt. 18 in serie geschakelde gloeidraden worden uit één gelijkrichter gevoed.

De versterking (uitgangspanning ten opzichte van aarde, in verhouding tot de ingangspanning) bedraagt 200 (46 dB).

De verzameltrappen

De verzameltrap S_1 (fig. 1) heeft tot taak, de som te vormen van de uitgangspanningen der onderdelen waaruit de continu werkende regelaar bestaat, aan welke som desgewenst een stoorspanning

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

moet kunnen worden toegevoegd. In de verzameltrap S_2 zijn het — indien men de universele proces-analoog gebruikt — de uitgangspanningen van de sub-verzameltrappen, en eventueel weer een stoorspanning, die moeten worden gesommeerd. Bovendien moeten de verzameltrappen tezamen een versterking leveren die ten minste de verzwakking compenseert welke optreedt in de proces-analoog. Zoals in het artikel I bij de bespreking van de oscillogrammen werd opgemerkt, is het namelijk gewenst dat een sprongspanning met amplitude s, aangebracht op de ingang van de proces-analoog (nadat deze tijdelijk is losgemaakt van de regelaar), aan S_2 een uitgangspanning veroorzaakt waarvan de eindwaarde x_∞ juist gelijk is aan s, aangezien dan de interpretatie van de oscillogrammen het gemakkelijkst is. Het feit nu dat de verzameltrappen tevens als versterker moeten fungeren, maakt dat men daarvoor niet de schakeling van de sub-verzameltrappen (fig. 10) kan kiezen; immers, de „versterking" van deze laatste is kleiner dan 1. Gebruik is gemaakt van een „universele" versterker (fig. 13), echter met een kleine wijziging, die samenhangt met de volgende kwestie.

In de sub-verzameltrappen geschiedt het sommeren van n spanningen ($V_1 \ldots V_n$) met behulp van n gelijke weerstanden (R_6, fig. 10), die in een verzamelpunt samenkomen. Dit punt neemt een potentiaal aan gelijk aan het gemiddelde van de n spanningen: $(V_1 + \ldots + V_n)/n$. Is n constant, zoals bij de sub-verzameltrappen het geval is (namelijk òf steeds 10, òf steeds 4), dan verschilt dit gemiddelde slechts een constante factor $1/n$ van de gewenste som, $V_1 + \ldots + V_n$. Bij de verzameltrappen die wij nu gaan beschouwen is echter n variabel: bij S_1 van $n = 1$ (in het geval van een regelaar met bijv. alleen een proportionele term) tot $n = 6$ (regelaar met een proportionele, een enkel en een dubbel integrerende, en een enkel en een dubbel differentiërende term, plus een stoorspanning), bij S_2 van $n = 1$ (als men een van de bijzondere proces-analogen gebruikt) tot $n = 7$ (zes sub-verzameltrappen van de universele proces-analoog, plus een stoorspanning). De invloed van een verandering van n zou door een overeenkomstige, tegengestelde, verandering van de versterking kunnen worden gecompenseerd, maar eenvoudiger is de hieronder beschreven methode, waarmee men de som van de spanningen krijgt met een van n nagenoeg onafhankelijke evenredigheidsfactor. In *fig. 14* stelt A een versterker voor met een asymmetrische ingang en een symmetrische uitgang, dus bijv. de in het vorige hoofdstuk besproken universele versterker. De ingangsklem *1* is over gelijke weerstanden R_6' verbonden met de n punten waarvan de spanningen $V_1 \ldots V_n$ moeten worden gesommeerd, en tevens over een weerstand R_0 met de uitgangsklem *2* waarvan de spanning in

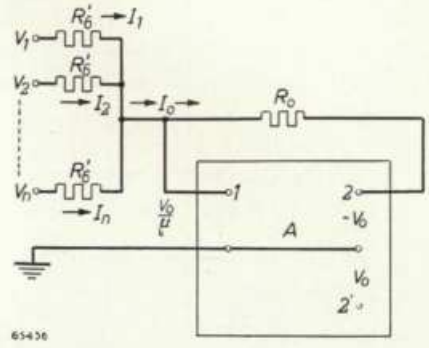


Fig. 14. Principeschema van een verzameltrap. $V_1 \ldots V_n$ zijn de te sommeren spanningen (variabel in aantal). A universele versterker volgens fig. 13. Als de versterkingsfactor μ groot is, wordt de uitgangspanning bij benadering gelijk aan de som $(V_1 + \ldots + V_n)$ maal de verhouding der weerstanden R_0 en R_6'.

tegenfaze is met die van klem *1*. We noemen de uitgangspanning (ten opzichte van aarde) V_o. Is de versterking μ zeer groot, dan kan men in eerste benadering de spanning V_o/μ aan de klem *1* verwaarlozen in vergelijking met de ingangspanningen $V_1 \ldots V_n$, zodat dan geldt voor de stromen $I_1 \ldots I_n$ die door de weerstanden R_6' lopen:

$$I_1 \approx \frac{V_1}{R_6'}, \ldots, I_n \approx \frac{V_n}{R_6'}. \quad \ldots \quad (4)$$

Indien we V_o/μ ook verwaarlozen ten opzichte van V_o, is de door R_0 vloeiende stroom I_0:

$$I_0 \approx \frac{V_o}{R_0} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

Uit

$$I_0 = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$$

volgt nu, met de vergelijkingen (4) en (5):

$$V_o \approx \frac{R_0}{R_6'}(V_1 + \ldots + V_n).$$

Uit deze formule ziet men, dat — indien althans de versterking μ voldoende groot is — de uitgangspanning gelijk is aan een vaste, van n onafhankelijke, verhouding maal de som $V_1 + \ldots + V_n$.

Uit een exacte berekening echter vindt men:

$$V_o\left(1 + \frac{1}{\mu} + \frac{nR_o}{\mu R_6}\right) = \frac{R_0}{R_6'}(V_1 + \ldots + V_n),$$

waarin de grootheid n dus nog voorkomt. Met de gebruikte waarden van R_0 (ca 5 MΩ) en R_6' (1 MΩ) en met de normale versterking van de universele versterker ($\mu = 200$) is de coëfficient van V_o gelijk

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

aan 1,03 voor $n = 1$, en 1,18 voor $n = 7$, zodat de afhankelijk van n nog vrij groot is. Daarom is bij de versterkers die in de verzameltrappen worden gebruikt, de tegenkoppelweerstand R_{24} (fig. 13) kortgesloten, waardoor μ ongeveer 1500 wordt en de coëfficient van V_o nog maar varieert van 1,004 tot 1,024.

Het laten vervallen van de tegenkoppeling via R_{24} kan zonder bezwaar geschieden, daar de weerstand R_0 een nieuwe, nog veel sterkere, tegenkoppeling introduceert. Door R_0 regelbaar te maken (van 0,85 MΩ tot 5,4 MΩ) kan men de versterking van de verzameltrap binnen zekere grenzen variëren (i.c. van 0,85 tot 5,4).

De integrator en de differentiator

De integrator en de differentiator zijn, wat de schakeling betreft, slechts varianten op de verzameltrap. Gebruiken we namelijk in het schema van deze laatste (fig. 14) slechts één van de n ingangsweerstanden (nu R genaamd), en vervangen we R_0 door een condensator met capaciteit C, dan ontstaat, zoals uit het volgende zal blijken, de integrator (*fig. 15*) en bij verwisseling van R en C de differentiator [7]).

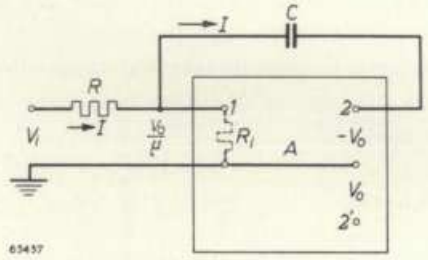


Fig. 15. Principeschema van de integrator. A is een universele versterker volgens fig. 13.

De integrator

Is de versterking μ van de universele versterker A weer zeer groot, dan is bij benadering de spanning V_o/μ aan de ingang van A te verwaarlozen ten opzichte van de ingangspanning V_i. Men heeft dan voor de stroom I die door R en C loopt:

$$I = \frac{V_i}{R} = C\frac{dV_o}{dt}, \quad \ldots \quad (6)$$

of

$$V_o = \frac{1}{RC}\int V_i\,dt,$$

zodat — met de ingevoerde verwaarlozing althans — de uitgangspanning evenredig is met de tijdsintegraal van de ingangspanning.

Om de frequentiekarakteristiek van de integrator te vinden, laten we V_i sinusvormig met de tijd variëren, met de hoekfrequentie ω. Dan gaat (6) over in

$$I = \frac{V_i}{R} = V_o \cdot j\omega C,$$

of

$$\mu' = \left|\frac{V_o}{V_i}\right| = \frac{1}{\omega CR}.$$

De karakteristiek verloopt dus omgekeerd evenredig met de frequentie (kromme *1* in *fig. 16a*). De eindige waarde van μ echter voorkomt, dat bij afnemende frequentie de grootheid μ' onbeperkt

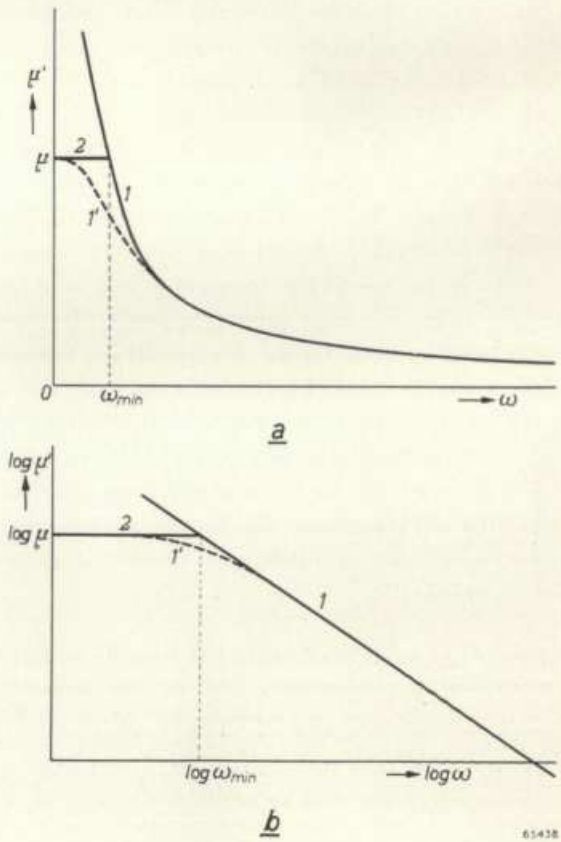


Fig. 16. *a*) Frequentiekarakteristiek van de integrator, op lineaire schaal. De kromme *1* geldt voor een ideale integrator ($\mu = \infty$), de kromme *1'* voor een integrator met eindige waarde van μ. *b*) Hetzelfde met beide coördinaten op logarithmische schaal. De karakteristiek van de ideale integrator is de rechte *1*, die, als μ eindig is, bij lage frequenties ten slotte overgaat in de horizontale lijn *2* (zie ook (*a*)). De continue overgang *1'* tussen *1* en *2* wordt gewoonlijk niet getekend. De abscis van het snijpunt van *1* en *2* geeft ongeveer de laagste frequentie (ω_{min}) aan waarvoor de integrator nog goed bruikbaar is.

[7]) Zie voor differentiërende en integrerende netwerken bijv. blz. 648-666 van het in noot [2]) aangehaalde boek.

Wegens de condensator C tussen uitgang en ingang staat een integrator volgens de schakeling van fig. 15 bekend als de integrator van Miller, naar degene die het eerst de invloed van capaciteit tussen anode en rooster van een triode heeft onderzocht, hoewel zonder daarbij aan een integrerend effect te denken (J. M. Miller, Sci. Papers Nat. Bur. Stand. No. 351, **15**, 367-385, 1919-1920).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

toeneemt; de werkelijke frequentiekarakteristiek vertoont dan ook een verloop als dat van de kromme *1'*, die niet hoger komt dan de waarde μ.

Indien men rekening houdt met de eindige waarde van μ, dient men ook de eindige waarde van de ingangsweerstand R_i (gestippeld aangegeven in fig. 15) in aanmerking te nemen. Deze R_i is de weerstand R_{12} van fig. 13. Volgens het bij de buizen verstrekte voorschrift mag deze weerstand niet groter zijn dan 1 MΩ, dezelfde waarde die de weerstand R heeft.

Beter komt het gedrag van de integrator tot uitdrukking indien we beide coördinaten van de frequentiekarakteristiek een logarithmische schaal geven (fig. 16*b*): de hyperbool van fig. 16*a* gaat dan over in een schuin lopende rechte *1*, die correspondeert met het gedrag van een ideale integrator. Bij de niet-ideale integrator moet deze rechte bij afnemende frequentie ten slotte overgaan in een horizontale lijn *2*, gelegen op een hoogte die afhangt van de versterking μ. De abscis van het snijpunt der twee rechten (eenvoudigheidshalve wordt gewoonlijk de gekromde overgang niet getekend) geeft ongeveer de laagste frequentie aan waarvoor de integrator nog goed bruikbaar is.

Zoals uit fig. 16*b* onmiddellijk blijkt, komt deze grens lager te liggen naarmate de versterking μ groter is. Met de gebruikte waarden van C en R (1000 pF, resp. 1 MΩ), waarvan de plaats van het snijpunt natuurlijk ook afhangt, gaf de waarde $\mu = 200$ van de universele versterker een voor ons doel niet voldoend lage grensfrequentie. De versterking zou, evenals bij de verzameltrap, kunnen worden vergroot door kortsluiting van de tegenkoppelweerstand. Dit bleek echter bij de integrator te leiden tot instabiliteit. Daarom is hier een andere methode gevolgd, die in de volgende klein gedrukte tekst wordt verklaard en die de theoretisch interessante mogelijkheid biedt, een ideale integrator te verwezenlijken.

Verbindt men (*fig. 17*) de ingangsklem *1* van de versterker niet alleen over de condensator C met de uitgangsklem *2*, maar bovendien over een weerstand R' met de andere uitgangsklem *2'* (waarvan de spanning in faze is met die van klem *1*), dan vindt men uit een eenvoudige berekening dat men μ moet vervangen door de schijnbare versterking μ_1:

$$\mu_1 = \frac{\mu}{1 + \frac{R}{R_i} - \frac{R}{R'}(\mu - 1)},$$

waarin R_i de ingangsweerstand van de versterker is. Deze uitdrukking wordt oneindig groot als men R' zodanig kiest dat

$$1 + \frac{R}{R_i} - \frac{R}{R'}(\mu - 1) = 0,$$

of

$$R' = (\mu - 1)\frac{RR_i}{R + R_i}.$$

Is hieraan voldaan, dan heeft men weliswaar een ideale integrator verkregen, doch deze bevindt zich op de rand van gelijkspanningsinstabiliteit. Dit kan geen kwaad zolang het regelcircuit gesloten is. Het vooraf instellen van de versterker (weerstanden R_{21} en R_{27}, zie fig. 13) moet echter gebeuren bij geopend circuit, en daarbij ontstaan door het op de rand van instabiliteit verkeren moeilijkheden. Daarom hebben wij voor R' een wat grotere waarde gekozen dan de laatste formule aangeeft.

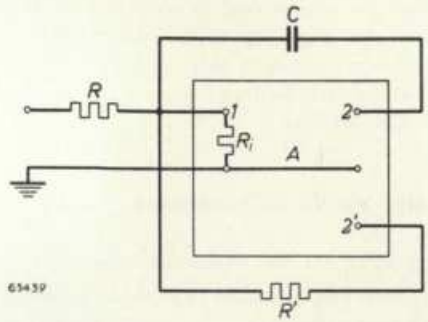


Fig. 17. De werking van de integrator kan men verbeteren door aan het schema van fig. 15, tussen de klemmen *1* en *2'*, een bepaalde weerstand R' toe te voegen.

De kwestie van het al of niet ideaal zijn van de integrator is overigens meer van theoretisch dan van practisch belang, immers de na te bootsen integrator van de werkelijke regelaar is evenmin ideaal. Hetzelfde geldt natuurlijk voor differentiatoren.

Bij wijze van voorbeeld laat *fig. 18* oscillogrammen van de ingang- en de uitgangspanning van de integrator zien.

De differentiator

Verwisselen we in de integrator (fig. 15) R en C van plaats, dan ontstaat een differentiator (*fig. 19*). Dit is gemakkelijk in te zien door weer in eerste benadering V_o/μ ten opzichte van V_i en V_o te verwaarlozen. Door C en R loopt dan de stroom I:

$$I = C\frac{dV_i}{dt} = \frac{V_o}{R}, \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

of

$$V_o = RC \cdot \frac{dV_i}{dt}.$$

De frequentiekarakteristiek van de ideale differentiator vinden we door in (7) voor V_i een sinusfunctie in te vullen:

$$I = j\omega C\, V_i = \frac{V_o}{R},$$

dus

$$\mu' = \left|\frac{V_o}{V_i}\right| = |j\omega CR| = \omega CR.$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

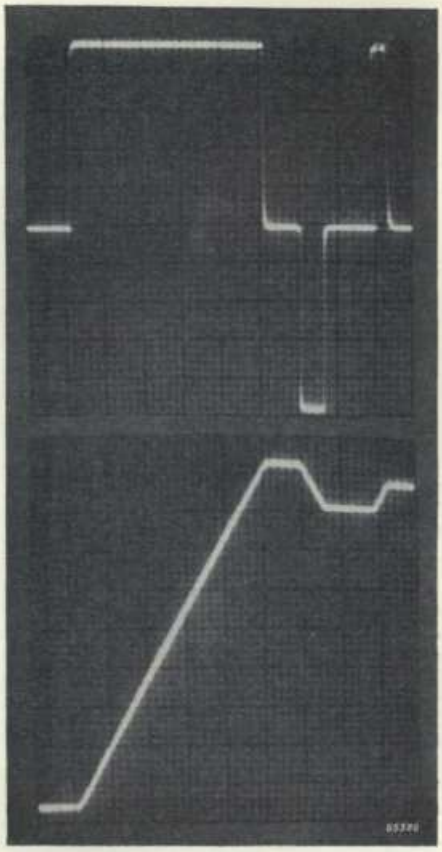


Fig. 18. Ter illustratie van de werking van de integrator is op de ingang een spanning gezet waarvan (*a*) het oscillogram is. In (*b*), het oscillogram van de uitgangspanning, herkent men gemakkelijk de integraal van (*a*).
De ingangspanning (*a*) werd ontleend aan het model van de regelaar met drie standen, dat tezamen met de integrator een regelaarmodel met drie snelheden vormt (vgl. I, fig. 28).

μ' is dus evenredig met de frequentie, en log μ' neemt lineair toe met log ω (lijn *1* in *fig. 20*). De eindige waarde van μ echter doet log μ' bij toenemende frequentie ten slotte een horizontaal verloop volgen (*2* in dezelfde figuur), op het niveau log μ. Laat men het snijpunt van de beide rechten de maximale frequentie aangeven waarbij de differentiator nog bevredigend werkt, dan ziet men onmiddellijk dat deze grens hoger komt te liggen naarmate μ groter is. In de differentiatoren van de electro-analoog, met $C = 1000$ pF en $R = 1$ MΩ, geeft de universele versterker in de normale toestand, met $\mu = 200$, een voldoend hoge grensfrequentie.

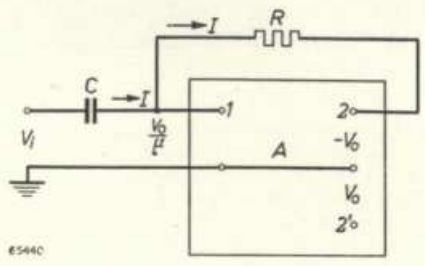


Fig. 19. Door in de integrator (fig. 15) R en C te verwisselen verkrijgt men een differentiator.

Voor het uitvoeren van dubbele integraties of dubbele differentiaties kunnen twee integratoren, resp. twee differentiatoren, in cascade worden geschakeld.

Wij willen hier nog opmerken dat men een karakteristiek met een proportionele en een aantal integrerende en differentiërende termen volstrekt niet moet beschouwen als *de* universele karakteristiek van een (continu werkende) regelaar; ook andere karakteristieken zijn denkbaar, zelfs als men niet-lineaire karakteristieken nog buiten beschouwing laat. Om deze reden is in de electro-analoog plaats gereserveerd voor naar behoefte samengestelde netwerken, die men als model van een continu werkende regelaar wil gebruiken.

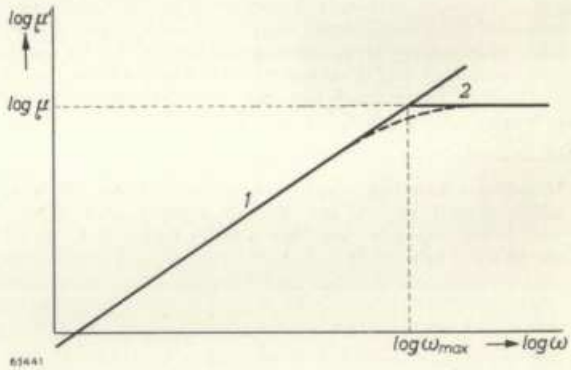


Fig. 20. Frequentiekarakteristiek van de differentiator, met beide coördinaten op logarithmische schaal. Naar analogie met fig. 16*b* is de karakteristiek geschematiseerd tot twee rechten, *1* (karakteristiek van de ideale differentiator) en *2*. De abscis van het snijpunt van *1* en *2* correspondeert ongeveer met de hoogste frequentie ω_{max} waarbij de differentiator nog bevredigend werkt.

Modellen van discontinu werkende regelaars

Een schakeling die kan dienen als model van een regelaar met twee standen is de zg. flip- en flapschakeling, d.i. een schakeling met twee buizen (*fig. 21*), waarvan er slechts één tegelijk stroom doorlaat; hierdoor wordt de andere buis afgeknepen. Krijgt de doorlatende buis een negatieve spanningstoot op het rooster, dan wordt ze stroomloos, waardoor de andere buis niet langer wordt afgeknepen en dus geleidend wordt. Geeft men een negatieve spanningstoot op het rooster van de laatstgenoemde buis, dan wordt deze weer stroomloos, enz. Evenals bij een regelaar met twee standen zijn er dus twee

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

stabiele toestanden [8]). Hierbij kan een zekere dode gang in het omslaan worden verkregen, zodat de schakeling beantwoordt aan een regelaar met speling (fig. 21*b* van het artikel I), waarvan de karakteristiek een soort hysteresislus is.

Fig. 22 geeft, iets vereenvoudigd, de schakeling weer die in de electro-analoog als model van een regelaar met twee standen fungeert. De breedte van de hysteresislus kan hierbij naar behoefte worden ingesteld. De werking is in het onderschrift verklaard.

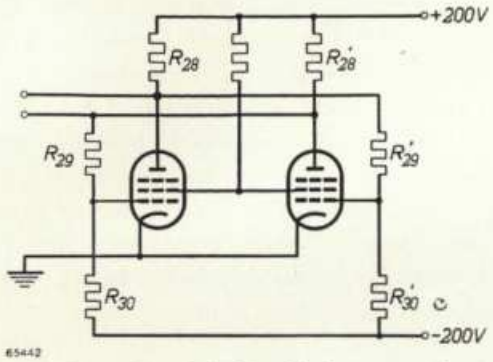


Fig. 21. Zg. flip- en flapschakeling. Slechts een van de twee buizen laat stroom door en houdt daardoor de andere afgeknepen. De toestand slaat om wanneer men het rooster van de geleidende buis een negatieve spanningsimpuls geeft. De anodeweerstanden R_{28}, R_{28}' vormen met de weerstanden R_{29}'-R_{30}' resp. R_{29}-R_{30}, spanningsdelers, die voor de juiste instelling zorg dragen.

[8]) Dezelfde schakeling vindt ook toepassing op een geheel ander gebied, nl. in het deel-apparaat („scale of two") van telinrichtingen; zie bijv. Philips techn. T. **6**, 76, 1941 en **10**, 7, 1948.

Op het model van een regelaar met drie standen kunnen wij hier maar zeer kort ingaan. Het principe is weergegeven in *fig. 23*. De uitgangsklem *3* heeft een positieve spanning als alleen de buis *T* stroom

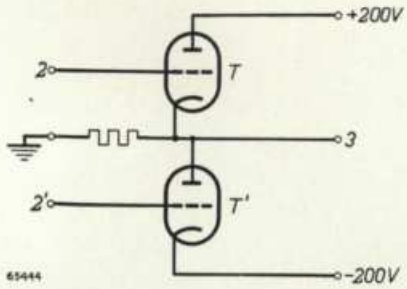


Fig. 23. Principe van een schakeling met drie toestanden. De uitgangsklem *3* heeft een positieve spanning als de buis *T* geleidend is, aardpotentiaal als beide buizen geblokkeerd zijn, en een negatieve spanning als de buis *T'* open is.

doorlaat, aardpotentiaal zolang de beide buizen geblokkeerd zijn, en een negatieve spanning als alleen de buis *T'* geleidend is. Aldus zijn drie stabiele toestanden mogelijk. In de werkelijke schakeling, die overigens veel gelijkenis met die van fig. 22 vertoont, is dit principe toegepast.

Sluit men de uitgang van deze schakeling aan op een integrator, dan verkrijgt men een analogon van een regelaar met drie snelheden.

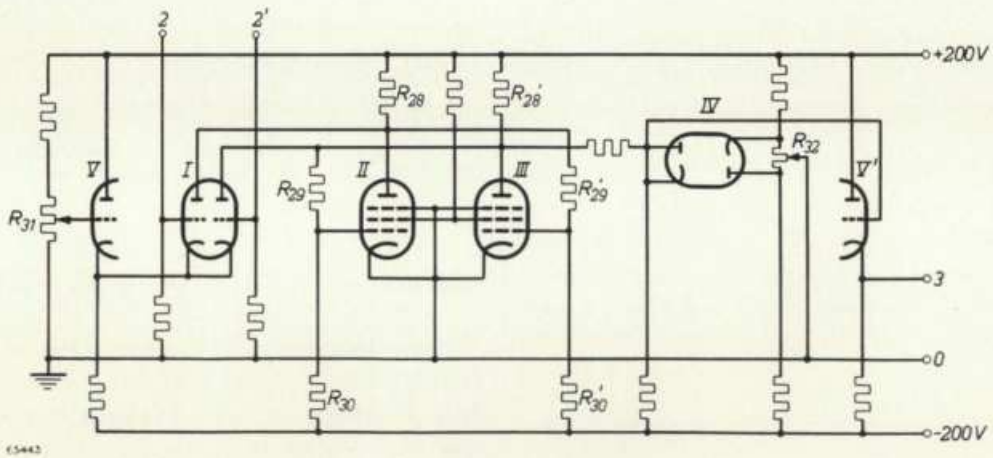


Fig. 22. Model van een regelaar met twee standen, waarin de flip- en flapschakeling van fig. 21 is toegepast (buizen *II* en *III* met de weerstanden R_{28} ... R_{30}'). De roosterspanningsimpulsen die de toestand doen omslaan, worden betrokken van de buis *I*, waarvan de ingangsklemmen *2*, *2'* via een universele versterker en de uitgangsverzameltrap zijn aangesloten op de uitgang van de proces-analoog. Met de potentiometer R_{31} kan men, via de triode *V*, de kathodepotentiaal van *I* en daarmee de „speling" van de regelaar, variëren; op een niet getekende meetinrichting kan de grootte van de speling worden afgelezen. De spanningswisselingen aan de anode van *III* worden begrensd door de dubbele diode *IV* en doorgegeven door de triode *V'* in anodebasisschakeling. Met de potentiometer R_{32} wordt het gelijkspanningsniveau van de uitgangsklem *3* nul gemaakt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De kathodestraaloscillograaf

Verticale uitslag

Voor de verticale uitslag van de kathodestraaloscillograaf wordt een versterker gebruikt die is te beschouwen als een sterk vereenvoudigde uitvoering van de universele versterker (fig. 13). De vereenvoudigingen bestaan hierin dat 1) de derde trap (anodebasisschakeling) is weggelaten, aangezien in het onderhavige geval de belasting van de versterker constant is en een hoge impedantie heeft, en 2) de spanningsdelers tussen de beide trappen en tussen de tweede trap en de uitgang zijn vervallen, want het gelijkspanningsniveau van de uitgangsklemmen behoeft hier niet nul te zijn (het is hier + 300 V, gelijk aan dat van de anode van de oscillograafbuis).

Door middel van de hier regelbare weerstand R_{24} (fig. 13) is de versterking continu instelbaar.

Horizontale uitslag

Aan een multivibrator, die met de netspanning is gesynchroniseerd, wordt een spanning ontleend met het in *fig. 24* weergegeven verloop [9]). De amplitude van de sprong bedraagt 10 V, het gemiddelde

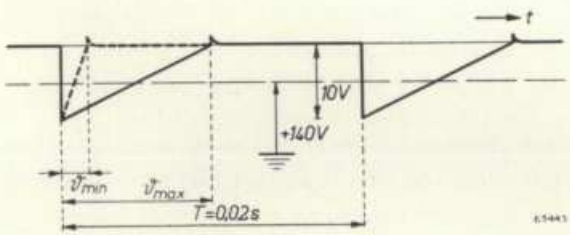


Fig. 24. Verloop van de spanning (betrokken van een multivibrator) die, na versterking, dienst doet als tijdasspanning van de oscillograaf. De duur van de slag is regelbaar tussen $\vartheta_{max} = 0{,}01$ s en $\vartheta_{min} = 0{,}002$ s.

spanningsniveau + 140 V. Met behulp van een gelijkspanningsversterker (één balanstrap met twee penthoden EF 42) wordt de amplitude vergroot tot circa 100 V, waarmee een beeld over de volle breedte van het oscillograafscherm kan worden geschreven, en het gelijkspanningsniveau gebracht op dat van de anode der oscillograafbuis (+300 V).

De duur ϑ van de slag is regelbaar van 0,01 s tot 0,002 s. Een korte slagduur wordt gebruikt om een bepaald detail in de waar te nemen kromme over de gehele breedte van het scherm uit te spreiden. Gedurende het overige gedeelte van de netspanningsperiode wordt de electronenbundel onderdrukt door een rechthoekige spanning op het rooster van de oscillograafbuis. Deze spanning wordt ook door de multivibrator geleverd.

Werkt men met een korte slagduur, dan wordt het oscillogram dus slechts in een fractie van een periode geschreven. Om het daarbij voor visuele waarneming en fotografische registratie toch voldoende lichtsterk te maken, wordt gebruik gemaakt van een oscillograafbuis met naversnelling.

Een kleine practische bijzonderheid moge hier nog worden vermeld. In het artikel I werd reeds gesproken over de wijze waarop men de sprongkarakteristiek van de proces-analoog een bepaald gewenst verloop geeft, dat men tevoren heeft getekend op een blad cellofaan. Dit blad, waarop een coördinatennet is gedrukt, wordt vóór het oscillograafscherm bevestigd. Ook bij het verdere gebruik van de oscillograaf is het wenselijk dat tegelijk met het oscillogram het coördinatennet goed zichtbaar is. Daartoe moet de achtergrond duidelijk helderder zijn dan de donkere coördinatenlijnen, wat in gewone omstandigheden wel het geval is, echter niet wanneer een fotokoker (K, fig. 12) met camera de toegang van licht uit de omgeving afsluit. Rondom de oscillograafbuis van de electro-analoog is nu, achter de frontplaat, een krans van gloeilampjes aangebracht, die het scherm gelijkmatig verlichten. De helderheid van de achtergrond mag natuurlijk niet zo ver worden opgevoerd dat het contrast met de lichtende beeldlijn te klein zou worden. Teneinde de gunstigste helderheid te kunnen instellen, is de stroom door de lampjes regelbaar gemaakt.

Andere onderdelen

In *fig. 25* is een detail der voorzijde van de electro-analoog afgebeeld. Hierop komen enige nog niet besproken onderdelen voor, waaraan wij hier nog enkele woorden willen wijden.

De spronggenerator produceert een spanning van rechthoekige krommevorm, met de frequentie 50 Hz. Deze spanning dient als ingangspanning voor de proces-analoog bij het instellen van een bepaalde sprongkarakteristiek, en ook als storing, die op verschillende plaatsen in het regelcircuit kan worden aangebracht. In *fig. 26* is een gedeelte van het principeschema van de spronggenerator afgebeeld; voor de verklaring wordt verwezen naar het onderschrift.

Voor het opnemen van frequentiekarakteristieken en van Nyquist-diagrammen is in de electro-analoog een generator van sinusvormige spanning aangebracht. Het is een R-C-generator van een normaal type, waarvan de frequentie regelbaar is van 20 tot 20 000 Hz.

[9]) Vgl. J. van Slooten, Philips techn. T. **12**, 238, 1950 (No. 8), fig. 2.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

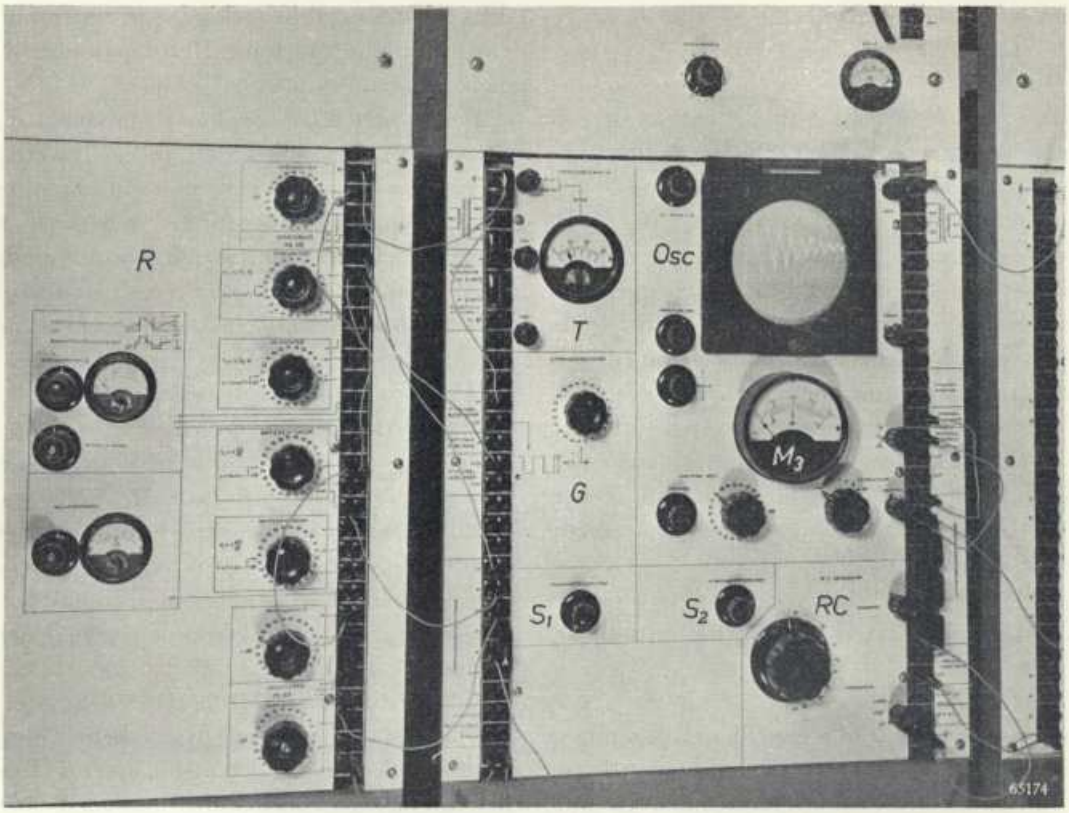


Fig. 25. Detail van de voorzijde van de electro-analoog. *Osc* oscillograaf met generator *T* van de tijdasspanning, *G* spronggenerator, M_3 nauwkeurigheidsmeter, S_1 ingangs- en S_2 uitgangsverzameltrap, *RC* de *R-C*-generator, *R* paneel met regelaarmodellen. Boven de oscillograaf: regelknop voor instelling van de achtergrondhelderheid bij het fotograferen van de oscillogrammen, en μA-meter voor de straalstroomsterkte.

Tot slot vermelden we nog de nauwkeurigheidsmeter, waarmee wordt bepaald in hoeverre de te regelen grootheid van de gewenste waarde afwijkt. Zoals in het artikel I werd besproken, kan als maat voor deze afwijking zowel het gemiddelde van de absolute waarde van x (x is de ogenblikswaarde van de afwijking) als de effectieve waarde van x dienst doen. Beide grootheden worden afgelezen op een draaispoelmeter, de eerste na gelijkrichting van x door middel van een Graetz-schakeling van seleniumventielen, de tweede door tussenkomst van een thermokruis.

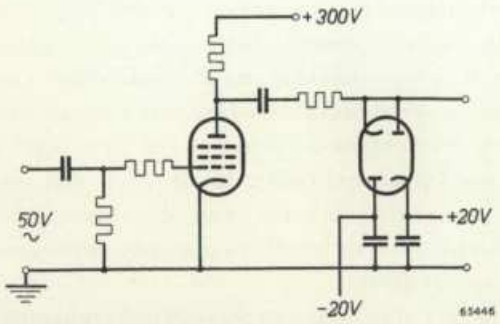


Fig. 26. Een vrij grote sinusvormige wisselspanning (50 V) maakt de penthode afwisselend stroomloos en geleidend, waardoor de anodespanning varieert tussen + 300 V en circa + 10 V. Deze variatie wordt begrensd door de dubbele diode. Aldus wordt een rechthoekige spanning met een amplitude van omstreeks 15 V verkregen, die, al of niet verzwakt, op de ingang van een der verzameltrappen kan worden gezet.

De voeding

Alle gelijkspanningen die in de electro-analoog nodig zijn, worden betrokken van gestabiliseerde gelijkrichters. Deze zijn in een vrij groot aantal (37!) aanwezig, die elk slechts één of enkele onderdelen voeden. Hierdoor is een oorzaak van instabiliteit vermeden die bij voeding uit één gemeenschappelijke bron zou optreden en die moeilijk zou zijn op te heffen. Bovendien heeft de gekozen oplossing het voordeel dat gestabiliseerde gelijkrichters voor klein vermogen op eenvoudige wijze zo kunnen worden geconstrueerd dat ze een zeer constante spanning geven en een lage uitgangsimpedantie hebben; dit vermindert sterk het gevaar van allerlei moeilijkheden.

Er kon met weinig typen worden volstaan door de gelijkspanningen en -stromen geschikt te kiezen en door, zo nodig, twee of meer gelijkrichters in serie te schakelen. Een indruk van de achterzijde

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van de electro-analoog geeft *fig. 27* waarop de talrijke voedingsgelijkrichters zijn te zien.

Bij wijze van voorbeeld geven we in *fig. 28* het voedingschema van de oscillograaf.

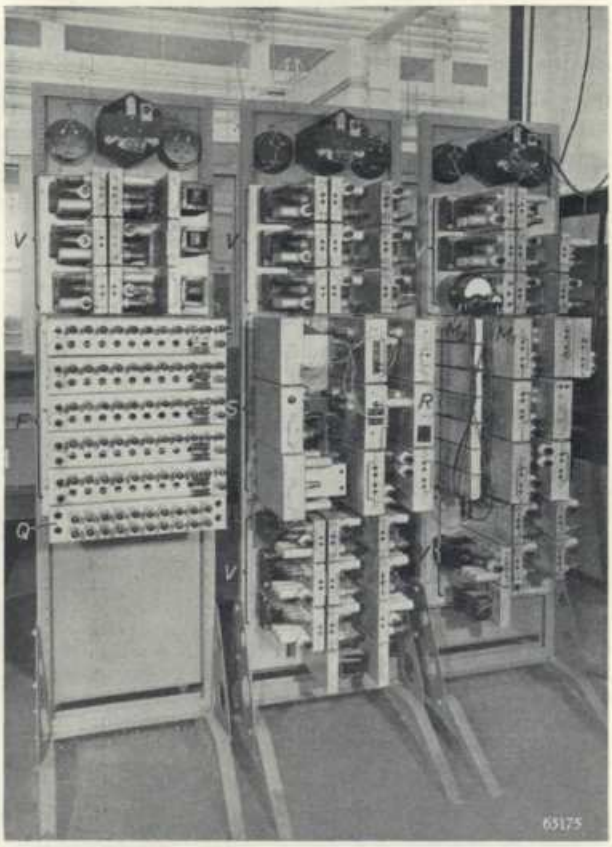


Fig. 27. Achterzijde van de electro-analoog. *V* gestabiliseerde voedingsgelijkrichters (37 stuks), *F* vertragingsnetwerk, *Q* bijzonder proces-analogen, *S* oscillograaf en diverse andere onderdelen, *R* onderdelen van regelaarmodellen, M_1 meter waarmee de gelijkheid van de gelijkspanningsniveaus wordt gecontroleerd (vergelijk onderschrift van fig. 13), M_2 gelijkspanningsvoltmeter, die op de diverse gelijkrichters kan worden aangesloten.

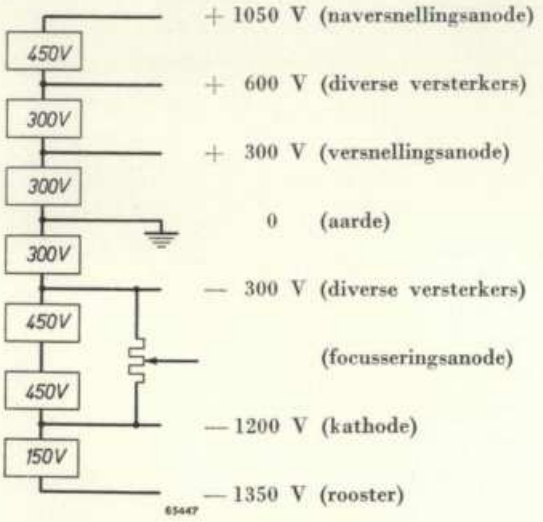


Fig. 28. Voedingschema van de oscillograaf.

Hoewel voor de werking van gestabiliseerde gelijkrichters kan worden verwezen naar een in dit tijdschrift verschenen artikel [10]), geven wij hierbij in *fig. 29* toch de hoofdzaken van de schakeling weer, om hieraan nog even de essentiële elementen van een regelinrichting [11]) te laten zien. De parallelgeschakelde buizen UL 41 vormen als het ware een kraan (stuurorgaan), waarvan de „stand" wordt beheerst door de buis UF 41, die als regelaar fungeert en die wordt beïnvloed door de constant te houden spanning. Men heeft hier een proportionele regeling. De statische onnauwkeurigheid is derhalve niet nul, maar, dank zij de grote versterking van de regelaar, toch zeer klein.

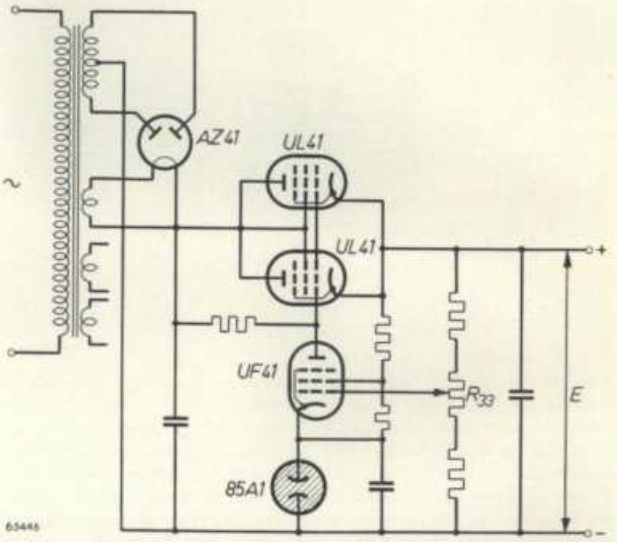


Fig. 29. Schema van een gestabiliseerde gelijkrichter voor 50 mA. AZ 41 gelijkrichtbuis, UL 41 parallelgeschakelde — hier als triode gebruikte — penthoden („stuurorgaan"), UF 41 versterkbuis („regelaar"). Als ingangspanning van de regelaar dient het verschil tussen een gedeelte (regelbaar met een potentiometer R_{33}) van de gelijkspanning E en de door de stabiliseerbuis 85 A1 constant gehouden spanning.

Behalve dit type voor 50 mA (en verschillende spanningen) wordt in de electro-analoog ook een type voor 100 mA gebruikt. Dit werkt met twee parallelgeschakelde buizen AZ 41 en drie parallelgeschakelde buizen UL 41.

Mechanische constructie

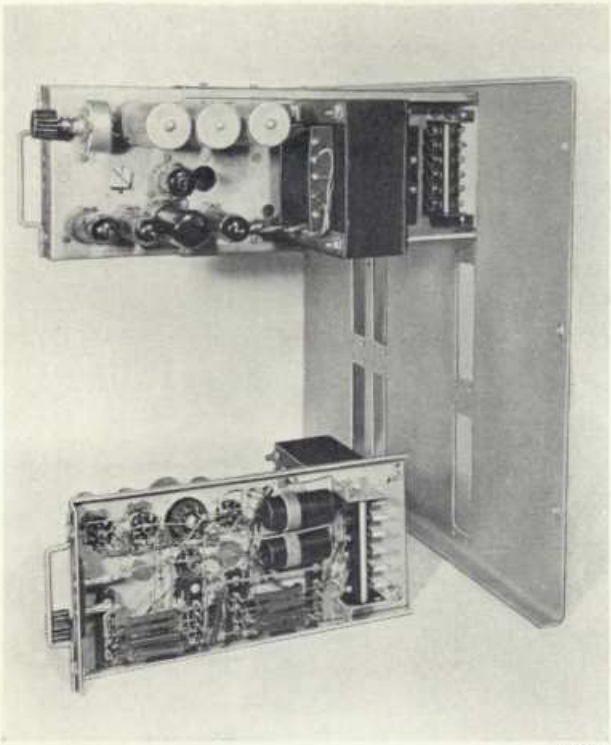
De onderdelen van de electro-analoog zijn gemonteerd op uitwisselbare chassis, waarbij de electrische contacten tot stand komen door middel van stekerpennen en -bussen (*fig. 30*). Van ieder type onderdeel is een reserve-exemplaar aanwezig, dat in enkele ogenblikken in de plaats van een defect onderdeel kan worden geschoven, zodat men in geval van een storing niet behoeft te wachten tot de oorzaak is opgespoord en verholpen. De chassis zijn zo geconstrueerd dat alle er op gemonteerde schakelelementen en de bedrading goed toegankelijk zijn.

[10]) H. J. Lindenhovius en H. Rinia, Een gelijkstroomvoedingsapparaat met gestabiliseerde spanning, Philips techn. T. **6**, 54-61, 1941.

[11]) Vgl.: H. J. Roosdorp, Beschouwingen over het regelen van industriële processen, Philips techn. T. **12**, 225-231, 1950 (No. 8).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



65453

Fig. 30. Ter illustratie van de verwisselbaarheid der op afzonderlijke chassis gemonteerde onderdelen. De montageplaat (rechts) kan 9 chassis dragen, waarvan er hier (bovenaan), met zijn geleide-chassis, één half naar buiten geschoven is afgebeeld — i.c. dat van een voedingsgelijkrichter voor 50 mA. Beneden: eenzelfde gelijkrichter, van de andere kant gezien; men lette op de goede toegankelijkheid van alle schakelelementen, en op de stekerpennen, die bestemd zijn om contact te maken met op het geleide-chassis bevestigde bussen. Geheel links op beide chassis de bussen waarop een contrôlevoltmeter kan worden aangesloten, en de regelknop waarmee de gelijkspanning op een bepaalde waarde kan worden ingesteld.

Door de verticale stand van de chassis (zie fig. 27) wordt de luchtcirculatie zo min mogelijk belemmerd.

De chassis worden gedragen door montageplaten, die zijn geschroefd tegen de achterzijde van de rekken waarop de electro-analoog is gemonteerd. Vóór deze platen zijn de vaste leidingen aangebracht die de verbindingen vormen tussen de chassis en o.a. enige rijen stekerbussen. Door middel van deze bussen en losse snoeren kunnen de gewenste schakelingen worden samengesteld. De bedradingsruimten worden ten slotte afgedekt door frontplaten (fig. 25).

De beschreven constructie heeft voor de bouw van een ingewikkeld samenstel als de electro-analoog zeer goed voldaan.

Samenvatting. Als vervolg op een artikel waarin werd uiteengezet uit welke onderdelen de electro-analoog bestaat en welke resultaten er mee zijn te verkrijgen, wordt nu nader ingegaan op de electrische schakelingen van deze onderdelen. Bij het „plan" voor de electro-analoog is er van uitgegaan dat door middel van losse snoeren iedere gewenste combinatie van onderdelen moet kunnen worden samengesteld. Alle ingangs- en uitgangsklemmen moeten dus hetzelfde gelijkspanningsniveau hebben. De gebruikelijke methode om hiertoe te komen — met scheidingscondensatoren en lekweerstanden — komt hier niet in aanmerking, daar het grote aantal van deze *R-C*-koppelingen dat het regelcircuit dan zou tellen, tot instabiliteit zou voeren. In plaats van deze koppelingen zijn spanningsdelers gebruikt, die voor het juiste gelijkspanningsniveau zorgen; daartoe zijn niet alleen positieve, maar ook negatieve voedingspanningen nodig, die bovendien zorgvuldig gestabiliseerd moeten zijn.

Achtereenvolgens worden o.a. besproken: de proces-analogen, de universele versterker, de verzameltrappen, de integrator en de differentiator, modellen van discontinu werkende regelaars, de oscillograaf, de voeding en de mechanische constructie.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!